

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE PLACAS ESTRUTURAIS UTILIZADAS EM MOLDES METÁLICOS PARA A INJEÇÃO DE PLÁSTICO - SIMOLDES TOOL DIVISION

LUIS MIGUEL CARNEIRO AFONSO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DA
UNIVERSIDADE DO PORTO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

ORIENTADOR NA FEUP

ENGENHEIRO VÍTOR MARTINS AUGUSTO

ORIENTADOR NA SIMOLDES

ENGENHEIRO JOSÉ BARROS

Porto, 4 de setembro de 2022



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

CANDIDATO	Luís Miguel Carneiro Afonso		Código 201308172
TÍTULO	OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE PLACAS ESTRUTURAIS UTILIZADAS EM MOLDES METÁLICOS PARA A INJEÇÃO DE PLÁSTICO - SIMOLDES TOOL DIVISION		
DATA	4 de setembro de 2022		
LOCAL	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto		
JÚRI	Presidente	Carlos Silva Ribeiro	DEMM-FEUP
	Arguente	Carlos Relvas	DEM-UA
	Orientador	Vítor Martins Augusto	DEMM-FEUP

“One day, in retrospect, the years of struggle will strike you as the most beautiful”

-Sigmund Freud

RESUMO

A presente dissertação foi realizada em contexto industrial na equipa de métodos e processos da *Tool Division* - divisão de aços - do Grupo Simoldes, localizado em Oliveira de Azeméis, Portugal. O desafio proposto incidiu sobre a otimização do setor de estruturas, mais especificamente, na produção de placas estruturais, utilizadas em moldes metálicos.

A otimização em questão teve como fundamento, a remodelação das bases de dados utilizadas, através da inclusão de um novo sistema de gestão de ferramentas de corte e as estratégias de maquinaria necessárias. Durante a fase inicial foi feita uma contextualização da indústria de moldes, do Grupo Simoldes, do conceito de molde metálico para injeção de plástico, das ferramentas usadas e das variáveis imprescindíveis ao setor. Posteriormente, procedeu-se ao estudo da situação atual do setor, tentando compreender como se encontra organizado, quais os pontos fortes e fracos e, finalmente, quais seriam as alterações e otimizações que necessitariam de ser aplicadas.

No decorrer do trabalho, foi estruturado um sistema que incluiu a criação de uma nova base de dados com todas as geometrias e ferramentas utilizadas nesse setor. Foi também elaborada uma organização sequencial de comandos que permitiram uma mais eficiente utilização e seleção dos percursos de maquinaria por parte dos operadores. Como recurso de desenvolvimento, a implementação proposta utilizou o RTM, software adaptado ao setor dos moldes mais especificamente na maquinaria de estruturas 2D. No final é feita uma análise das alterações implementadas, com o objetivo de identificar as principais melhorias alcançadas assim como potenciais necessidades que possam ainda existir e que devem ser consideradas em projetos futuros.

Palavras Chaves: Maquinação; Setor de placas; Simoldes; Molde Metálico; Placas Estruturais; Preparação CAM; Otimização do Processo Produtivo

ABSTRACT

The following dissertation was developed in an industrial context within the methods and processes team of the Tool Division - steel division - for Simoldes Group, located in Oliveira the Azeméis, Portugal. The presented challenge focused on the structures sector optimization, specifically, in the production of structural plates used in metallic molds.

This optimization was based on the refactoring of the databases used. Such an approach included a new tool and machining strategy management system. Initially, a contextualization of the mold industry, the Simoldes group, the concept of a metallic mold for plastic injection, the cutting tools used and the indispensable variables of the sector was performed. Then, both the company and the sector's current situation was studied, in an attempt to understand how it is organized, what are its strengths and weaknesses, and finally, what would be the changes and optimizations needed to be applied.

During the development stage, a system was organized that included the creation of a new database containing all the geometries and tools used in this sector, as well as a sequential organization of commands to be executed that allowed a more efficient use and selection of the machining paths by the operators. The proposed implementation used RTM, a software highly adapted to the mold sector, specifically to the machining of 2D structures. Finally, an analysis of the implemented changes is made with the intent of identifying the main improvements achieved and potential needs that may still exist and that should be taken into consideration in future projects.

Keywords: Machining; Plates Sector; Metallic Mould; Structural Plates; CAM Preparation; Production Process Optimization

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar a minha imensa gratidão ao meu orientador da empresa, o Eng.º José Barros, pelo apoio, incentivo e dedicação incansável ao longo de todo o meu estágio académico. Com uma disponibilidade constante, transmitiu-me todo o conhecimento necessário para a sua realização, colmatando numa orientação que permitiu não só a realização deste trabalho, como também contribuiu de forma significativa para o meu crescimento pessoal e académico que, de outra forma, não seria possível. Também a todos os colaboradores da Simoldes, com maior relevância para o Eng.º António Pinho e os operadores presentes no setor de estruturas, em especial o Tiago e o Daniel por me acompanharem e ajudarem a retirar e introduzir todos os dados necessários para esta dissertação.

Ao meu orientador na faculdade, Professor e Eng.º Vítor Martins Augusto, gostaria de exprimir o meu enorme agradecimento pela orientação dada, por todos os ensinamentos, conselhos e partilha de um pouco da magia que caracteriza a área de softwares CAD/CAM/CAE, e que acabou por tornar o meu percurso académico mais cativante e interessante.

Queria deixar também um grande agradecimento à minha namorada, Matilde, por todo o apoio, incentivo e paciência durante estes anos; e à minha família, em especial aos meus pais, por todo o esforço e sacrifício que sempre demonstraram, tornando possível a conclusão de mais uma grande etapa.

Por último, um enorme apreço a todos os meus amigos, especialmente ao Carlos, à Filipa, à Joana e ao Linhares que sempre estiveram ao meu lado para me apoiar e que sempre acreditaram nas minhas capacidades. Queria também deixar um obrigado com carinho às amizades que fiz durante o meu percurso universitário, nomeadamente a Maria, a Cátia, o Gusto, o Jota, o Machado e o Lapa. Sem vocês não teria sido a mesma coisa.

A todos aqueles que estiveram, de alguma forma, presentes, mas não foram mencionados, um muito obrigado. Levo um bocadinho de todos em mim.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
1. Indústria de Moldes	1
2. Empresa	2
3. Contextualização e Objetivos	4
4. Organização do relatório	4
A. ESTADO DA ARTE	5
1. Moldes para Injeção de Plásticos	5
2. Estrutura de um Molde Metálico	6
2.1 Seleção de aços para um molde	8
2.2 Placas Estruturais	9
3. Ferramentas de Corte Utilizadas	10
3.1 Tipos de Ferramentas	11
3.2 Parâmetros	14
3.2.1 Velocidade de Corte	14
3.2.2 Velocidade de Rotação	15
3.2.3 Velocidade de Avanço	15
3.2.4 Remoção de Apra	16
3.3 Ferramentas para a Maquinação de Placas Estruturais	16
3.4 Máquinas CNC	18
3.4.1 Outros Sistemas – Controladores e Post Codes	19
4. Processo Produtivo	20
4.1 Desbaste	20
4.2 Re-Desbaste	21
4.3 Pré Acabamento	21
4.4 Acabamento	21
4.5 Etapas Complementares e Paralelas	21
4.6 Assemblagem	22
5. Tecnologias Assistidas por Computador	23
5.1 Tipos de Software	23
5.2 Software CAM – RTM	24
5.2.1 Layout Gráfico	24
5.2.2 Outros Módulos	25
B. METODOLOGIA	26
1. Caracterização do Estado Atual	27
1.1 Setor de Estruturas	27

Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION

1.2	<i>Estado Atual da Base de Dados e a sua Integração</i>	28
1.3	<i>Procedimento Experimental - Melhoria.....</i>	29
2.	<i>Metodologia adotada para a Otimização das Placas Estruturais</i>	30
2.1	<i>Integração das Geometrias</i>	31
2.2	<i>Base de Dados - RTM.....</i>	31
2.2.1	<i>Base de Dados de Ferramenta.....</i>	32
2.2.2	<i>Base de Dados de Padrões de Furação.....</i>	33
2.2.3	<i>Base de Dados de Pockets/Caixas</i>	35
2.2.4	<i>Automatismos.....</i>	37
C.	TRABALHO REALIZADO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	38
1.	<i>Medidas Implementadas.....</i>	38
1.1	<i>Implementação das Geometrias.....</i>	38
1.1.1	<i>Associação das Operações às Geometrias.....</i>	40
1.2	<i>Melhoria da Base de Dados de Ferramenta</i>	40
1.3	<i>Melhoria da Base de Dados dos Padrões de Furação.....</i>	42
2.	<i>Indicadores utilizados para Avaliar a Eficácia das melhorias implementadas</i>	46
2.1	<i>Tempo médio de preparação.....</i>	46
2.2	<i>Tamanho da Base de Dados</i>	48
2.3	<i>Não Conformidades.....</i>	49
D.	CONCLUSÕES FINAIS	50
1.	<i>Propostas de trabalhos futuros</i>	50
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
	ANEXOS.....	54
	<i>Anexo B – Individualização de cada Grupo de Geometrias.....</i>	65
	<i>Anexo C – Tabela de Cores – Tolerância de cada Componente, Geometria e Estrutura</i>	74
	<i>Anexo D – Lista de Geometrias Incorporadas</i>	75
	<i>Anexo E – Máquinas CNC</i>	80
	<i>Anexo E.1 – 3 Eixos Vertical.....</i>	80
	<i>.....</i>	80
	<i>Anexo E.2 – 3 Eixos Horizontal</i>	80
	<i>Anexo E.3 – 5 Eixos Cabeça-Cabeça</i>	81
	<i>Anexo E.4 – 5 Eixos Cabeça Mesa.....</i>	81
	<i>Anexo E.5 – 5 Eixos Mesa-Mesa</i>	82
	<i>Anexo F – Máquina de Calibração de Ferramentas; Zoller</i>	83
	<i>Anexo E – Documento com todos os Componentes presentes num Molde Metálico</i>	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparação em milhões de euros da produção com a exportação do setor	1
Figura 2 – Vista Aérea do Grupo Simoldes em Oliveira de Azeméis.....	2
Figura 3 – Divisão das diferentes empresas do Grupo Simoldes.....	3
Figura 4 – Principais componentes de um molde para injeção de plásticos	6
Figura 5 – Placas Estruturais assembladas ao respetivo molde	10
Figura 6 – Relação entre dureza e tenacidade dos materiais mais utilizados em ferramentas de corte.....	11
Figura 7 – Ferramentas inteiriças à esquerda e ferramentas de consumíveis à direita.....	12
Figura 8 – Diferentes tipos de consumíveis presentes na ferramentaria da Simoldes Aços.....	12
Figura 9 – Cone térmico (à direita) e cone Weldon (à esquerda)	13
Figura 10 – Desenho 2D de uma broca com refrigeração	17
Figura 11 – Tabela com Parâmetros de corte de brocas com diâmetro entre 3,3 e 8mm.....	17
Figura 12 – Código NC e respetivo controlador Fidia	19
Figura 13 – Processo de fabrico de um molde de injeção de plástico (Simoldes, painel de porta)	20
Figura 14 – Cavidade de um Molde Metálico	22
Figura 15 – Interligação entre os 3 tipos de software	23
Figura 16 – Barra de acesso rápido; RTM	24
Figura 17 – Interface de programação CAM; RTM	25
Figura 18 – Instâncias de trabalho no RTM	25
Figura 19 – Fluxograma com as várias etapas do procedimento experimental.....	26
Figura 20 – Figura esquemática da nave 1 da Simoldes Aços.....	27
Figura 21 – Modelo de uma Placa Estrutural aquando da importação em RTM	28
Figura 22 – Etapas da metodologia para a otimização das placas estruturais	30
Figura 23 – Geometrias sem cores; furo roscado cego à esquerda e cavilha à direita	31
Figura 24 – Interface da Base de Dados de Ferramenta.....	32
Figura 25 – Interface da Base de Dados de Padrões de Furação.....	33
Figura 26 – Geometria presente no RTM e deteção de círculos	34
Figura 27 – Interface da Base de Dados de Caixas ou <i>Pockets</i>	35
Figura 28 – Automatismo na Base de Dados de Caixas ou <i>Pockets</i>	36
Figura 29 – Deteção dos segmentos de reta e raios de canto de um <i>pocket</i> /caixa	37
Figura 30 – Exemplo de um modelo de geometrias fornecida pelo departamento técnico da Simoldes	39
Figura 31 – Geometrias com associação de cores; furo roscado cego à esquerda e cavilha à direita.....	39
Figura 32 – Exemplo de um conjunto de operações (direita) e respetiva ferramenta (esquerda) – operação helicoidal de uma dada geometria com recurso a um cone térmico e fresa de pastilha de D12xL130	40
Figura 33 – Base de Dados de Ferramenta; Geometria da ferramenta de corte e parâmetros	40
Figura 34 – Base de Dados de Ferramenta; Geometria de um cone.....	41
Figura 35 – Automatismo na Base de Dados de Padrões de furação – Principais menus de customização	42
Figura 36 – Geometria na Base de Dados de Padrões de Furação com o automatismo criado.....	45
Figura 37 – Comparação dos Tempos de Preparação das Placas Estruturais em segundos; BD antiga vs BD otimizada	46
Figura 38 – Comparação do Tamanho das Bases de Dados em KB; Antiga vs Otimizada	48
Figura 39 – Número de Não Conformidades registadas no Setor de Estruturas; 2021 vs 2022	49
Figura 40 – Fluxograma representativo do procedimento adotado após alteração das permissões dos operadores relativamente à Base de Dados no RTM	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição química e dureza em Brinell dos aços utilizados na produção de moldes metálicos..	8
Tabela 2 – Diferentes tipos de ferramentas de corte.....	17
Tabela 3 – Diferentes tipos de máquinas CNC e respetiva relação entre eixos e cabeça-mesa	18
Tabela 4 – Automatismo de pockets/caixas – principais menus de customização	37
Tabela 5 – Automatismo de furação – Principais Operações	43
Tabela 6 – Automatismo de furação – Principais Condições.....	44
Tabela 7 – Média em segundos do tempo de preparação das estratégias de furação e diferencial.....	47

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

µm — Micrómetro

BD — Base de Dados

C - Carbono

CAD — Desenho Assistido por Computador

CAM — Manufatura Assistida por Computador

CAX - Tecnologias Assistidas por Computador

CNC — Controlo Numérico Computorizado

Cr - Crómio

D - Diâmetro

HB — Dureza Brinell

KB - Kilobyte ou Kbyte

M - Metro

M&P - Métodos e Processos

Macro - Organização sequencial de comandos

Min — Minuto

MM — Milímetro

Mn — Mangânes

Mo — Molibdénio

NC — Numeric Control

Ni — Níquel

P — Fósforo

REV — Revoluções

RPM — Revoluções por minuto

S — Enxofre

Si — Silício

UI — User Interface

TRADUÇÃO DE TERMOS TÉCNICOS

Inglês	Português
Assembly	Assemblagem
Computer Aided <i>Design</i> (CAD)	Desenho Assistido por Computador
Computer Aided Engineering (CAE)	Engenharia Assistida por Computador
Computer Aided Manufacturing (CAM)	Manufatura Assistida por Computador
Computer Aided Technologies (CAx)	Tecnologias Assistidas por Computador
Computer Numerical Control (CNC)	Controlo Numérico Computorizado
Front End	Interface Gráfica
Pocket	Caixa
Macro	Sequência Automática de Comandos
Numeric Control	Controlo Numérico
Template	Tabela de Automatismos
User Interface	Interface do usuário

INTRODUÇÃO

1. Indústria de Moldes

Dado o crescimento significativo da indústria de moldes em Portugal desde a década de 90, o nosso país tem hoje bastante importância no panorama internacional deste mercado. Isto acontece devido à procura externa ser cada vez mais elevada, sendo esta assegurada pelo conjunto de competências e capacidades das empresas nacionais. Portugal apresenta-se assim, como sendo o oitavo maior fabricante de moldes no mundo e o terceiro na Europa. A distribuição do setor a nível nacional, acontece maioritariamente nas zonas de Oliveira de Azeméis e Marinha Grande, sendo que das 536 empresas existentes, a maioria são de pequena e média dimensão, empregando cerca de 11 200 pessoas [1,2].

No ano de 2020, o valor das exportações associadas ao setor atingiu aproximadamente, um valor de 566 milhões de euros (valores provisórios), cerca de 80% da produção total, com valores a rondar os 666 milhões de euros. Os valores previamente mencionados, fazem da indústria de moldes, um dos maiores setores exportadores do país, tendo como principais países de destino Espanha (19%), Alemanha (17%), República Checa (7%), Polónia (4%) e, a Itália, o Reino Unido, a Roménia e os Estados Unidos da América (3%), entre outros. Já no que diz respeito às áreas de destino dos moldes produzidos em solo lusitano, a indústria automóvel é a mais relevante representando cerca de 71%, seguindo-se as embalagens com 11% e dispositivos médicos, eletrodomésticos e material elétrico [1].

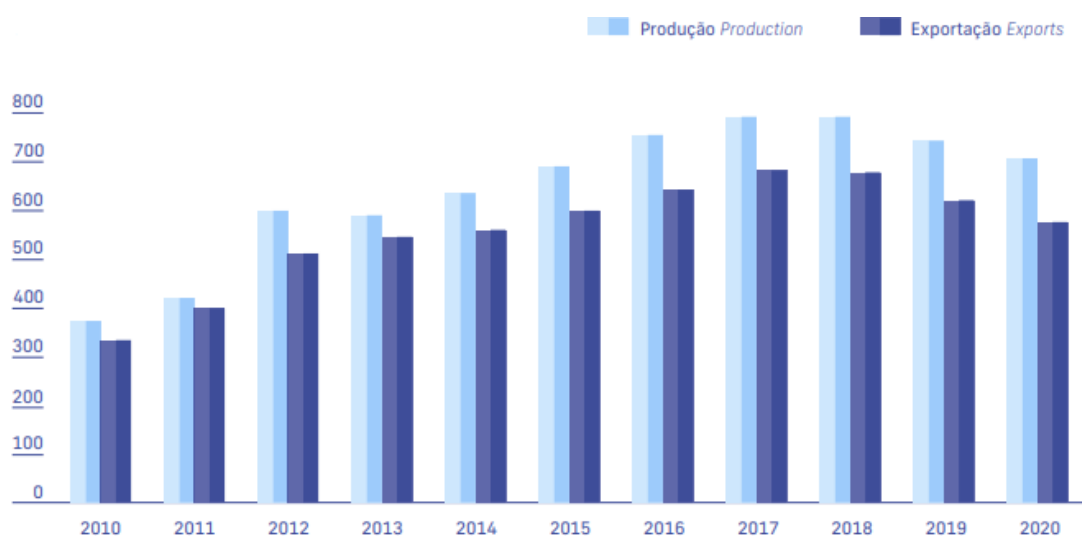


Figura 1 - Comparação em milhões de euros da produção com a exportação do setor [1]

Analisando o gráfico, percebe-se que o ano de 2018 foi o mais produtivo desde 2010, depois de um crescimento ao longo de quase uma década. É ainda possível observar, um pequeno decréscimo no ano de 2019 e em 2020, sendo que este último, está fortemente fundamentado pela situação pandémica vivida mundialmente [1].

Esta indústria é caracterizada como sendo uma das mais exigentes em termos de qualidade e produtividade no setor da produção metalomecânica, tendo sido precursora

no desenvolvimento e introdução de inúmeras tecnologias de produção e sistemas de gestão. A conceção de componentes para a indústria automóvel faz-se, por norma, envolvendo o cliente principal - marca automóvel que detém as linhas de produção - e os produtores das peças, estando estes ainda hierarquizados em diferentes patamares, em função dos níveis de qualidade para os quais estão certificados e importância dos produtos fabricados. A interação entre estes intervenientes é assim fundamental e constante, procurando satisfazer os desejos e necessidades do projeto com os meios envolvidos para o fabrico, na garantia da máxima qualidade e de baixos custos.

2. Empresa

Este trabalho foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia de Materiais no ramo de Materiais, na *Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*. A dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, no grupo Simoldes mais especificamente na *Simoldes Aços*.

A Simoldes, é um grupo português que opera no setor dos moldes maioritariamente para o setor automóvel quer na injeção de peças de plástico, quer na produção de moldes para este tipo de peças. Fundado em 1959 e liderado desde 1981 pelo Comendador António da Silva Rodrigues, a atividade preambular da empresa - *Simoldes Aços* - incidiu na produção de moldes para a injeção termoplásticos de uso doméstico e brinquedos e, só após alguns anos de atividade entre 1966 e 1976, é que se assiste às primeiras exportações para países como a Espanha, a Inglaterra e os Estados Unidos. Após o 25 de abril de 1974, o grupo apostou fortemente na procura de novos mercados tendo levado a cargo, a presença em várias feiras internacionais e participações ativas em congressos comerciais. Isto resultou num contacto mais direto com potenciais clientes, reforçando o laço com a indústria portuguesa de moldes e mais especificamente, o grupo Simoldes [2].



Figura 2 - Vista aérea do grupo Simoldes em Oliveira de Azeméis

Em 1980, iniciou a produção de moldes para a indústria automóvel tendo sido paralelamente fundada a *Simoldes Plásticos*. Com ela, nasce a divisão de plásticos do

grupo, que tem como objetivo produzir componentes de plástico por injeção, amplificando desta forma o catálogo produtivo. Esta veio a revelar-se mais tarde uma excelente aposta uma vez que a divisão de plásticos representa a maior fatia da faturação anual do grupo. Já na década de 1990, foram ainda criadas mais 7 empresas com o intuito de aumentar a capacidade de produção ao grupo que se encontrava em rápido crescimento. Atualmente, o grupo encontra-se dividido em dois setores: a *Tool Division*, que se dedica a produção de moldes metálicos e que é composta por 9 empresas - 7 delas em Portugal- sendo elas, a Simoldes Aços, a MDA (Moldes de Azeméis), a IMA (Indústria de Moldes de Azeméis), a IGM (Indústria Global de Moldes), a ULMolde, a Mecamolde e o Centro de Fresagem; e a *Plastic Division* que é constituída por 10 empresas - 3 delas em Portugal- a Simoldes Plásticos, a Inplás e a Plastaze [2,3].

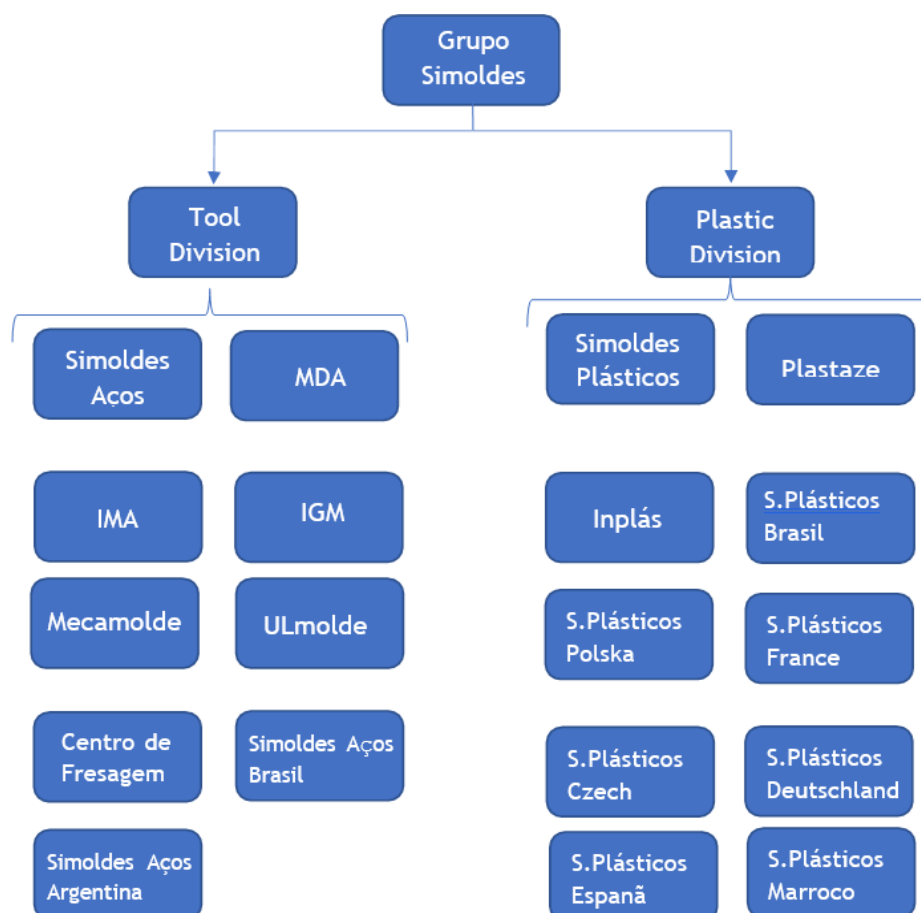


Figura 3 - Divisão das diferentes empresas do grupo Simoldes

Ao longo dos últimos 62 anos, o Grupo Simoldes tem contribuído de forma preponderante para o atual posicionamento do setor, globalizando ativamente o seu mercado, fortalecendo e dignificando a imagem da indústria, não só a nível nacional como também a nível internacional. O sucesso alcançado neste setor tem sido assegurado pelo constante desenvolvimento tecnológico, modernização dos equipamentos utilizados, pelo investimento na formação dos seus colaboradores e pela crescente procura de mercados externos, impulsionada por uma excelente relação na qualidade dos componentes produzidos relativamente aos preços e aos prazos apresentados, mantendo-se desta forma altamente competitiva e competente.

3. Contextualização e Objetivos

O tema deste projeto surgiu devido à necessidade de otimizar e maximizar a capacidade produtiva do setor de estruturas da Simoldes Aços. Há muito que esta etapa de maquinação, imprescindível ao fabrico de moldes metálicos, carecia de um processo de produção rápido e eficaz. Assim sendo, a sua otimização não só era altamente desejada como fundamental. Nesse sentido, procurou-se desenvolver melhorias e metodologias a partir dos vários processos que envolvem a sua produção e posteriormente, acompanhar a implementação das mesmas.

As placas estruturais são componentes comuns a todos os moldes produzidos e, neste momento, são maquinados centralizadamente em 4 equipamentos CNC na Simoldes Aços para toda a *Tool Division*. Neste 1º semestre de 2022 houve um aumento abrupto da produção em toda a *Tool Division*, invertendo a tendência dos últimos anos pelos efeitos da pandemia. Existe assim, uma pressão diária para o cumprimento de tarefas e operações por parte de todos os setores, em especial setores comuns a toda a divisão de moldes, como é o caso da célula de maquinação de estruturas, mas também do centro de desbaste e do centro de maquinação de eléctrodos. A maquinação de estruturas é, neste momento, um *bottleneck* produtivo, pelo facto de, desde 2008, a célula ser autónoma na manutenção das bases de dados de maquinação e automatismos CAM, faltando o acompanhamento devido da equipa de M&P. É, por isso, pertinente a análise do estado atual, o levantamento dos principais problemas a resolver e a implementação de medidas de melhoria no setor.

Os principais objetivos delineados incidiram em desenvolver uma nova base de dados com recurso ao software CAM RTM, atualizando todas as ferramentas de corte utilizadas no setor e criando automatismos relativamente às operações de maquinação a realizar consoante a geometria em questão de forma a diminuir o custo associado e aumentar a capacidade produtiva. Desta forma, foram impostas 2 etapas fundamentais: associação de cores às geometrias correspondente a padrões de furação; revisão das bases de dados de padrões de furação e de ferramentas com a respetiva criação de automatismos.

4. Organização do relatório

O corpo de texto do presente relatório está dividido em 4 secções nomeadamente: (A) Estado da Arte, (B) Metodologia, (C) Trabalho Realizado e Discussão de Resultados e (D) Conclusões Finais.

O Estado da Arte começa por contextualizar os moldes para injeção de plásticos passando pela explicação dos componentes que os compõem, com especial detalhe nas placas estruturais. Segue-se um capítulo sobre as ferramentas de corte utilizadas para a maquinação de moldes com foco nos parâmetros a que estão associadas terminando com aquelas que são mais talhadas para a maquinação das placas estruturais. De seguida são abordadas as principais tecnologias assistidas por computador e de que forma são utilizados na indústria bem como, o processo produtivo envolvido para obter um molde funcional. São depois abordados o estado atual do setor e o caso de estudo, delineando consequentemente a melhor metodologia a seguir para a otimização do processo produtivo; para cada uma das etapas é descrito o procedimento utilizado, são apresentados os resultados obtidos e as respetivas conclusões.

A. ESTADO DA ARTE

1. Moldes para Injeção de Plásticos

Um molde caracteriza-se como sendo uma ferramenta constituída por várias peças reunidas e sobrepostas entre si, garantindo alta solidez de forma a fixar todos os componentes que o constituem com vista a formar um elemento previamente projetado na secção oca. As suas características, a dimensão e a complexidade podem variar, porém, na sua forma mais simples é constituído por duas meias matrizes (blocos de aço), a cavidade (fêmea) e a bucha (macho) que constituem o negativo da peça que se pretende obter. No Grupo Simoldes, a nomenclatura utilizada para as duas meias matrizes são a cavidade e o macho [4].

No que diz respeito ao processo tecnológico, um molde pode caracterizar-se como de injeção, compressão, transferência e sopro, enquanto que relativamente à matéria prima utilizada esta pode variar entre termoplásticos, termoendurecíveis, borrachas e ligas leves. No entanto, a Simoldes foca-se na produção de moldes para a injeção de termoplásticos. Fundamentalmente, um molde de injeção de plástico é uma ferramenta dedicada ao processamento de polímeros sendo responsável pela distribuição do material no seu interior. Este deverá produzir peças de qualidade num tempo de ciclo o mais curto possível, possuir o mínimo de manutenção durante o tempo de serviço, definir os volumes com a forma das peças a produzir e simultaneamente assegurar a reprodutibilidade dimensional a cada ciclo. Deve também permitir o enchimento desses volumes com o polímero fundido da forma mais eficiente possível, facilitar o arrefecimento e promover a extração das peças. No seu interior serão alojadas em local previamente estudado e de forma balanceada, as partes ativas nomeadamente, o macho e a cavidade, que serão preenchidas pelo material fundido, que fluirá pelos canais de alimentação [4, 5, 6].

Embora existam vários tipos de moldes com diferentes graus de complexidade, alguns requisitos base tem sempre de estar presentes e são transversais independentemente do tipo, mais concretamente:

- Durante o tempo de ciclo, manter-se fechado;
- Permitir o enchimento e arrefecimento;
- Promover a extração da peça;
- Assegurar a reprodutibilidade dimensional

Em conjunto com a alta reprodutibilidade associada aos moldes metálicos, podemos ainda concatenar o grau de complexidade que será determinado consoante a quantidade de componentes que fazem parte da sua constituição. Um molde metálico, de forma simplista, poderá ser dividido em duas formas - muito simples e muito complexo - dependendo do número de elementos que façam parte da sua estrutura:

- Muito simples; composto no máximo por duas placas, por norma para geometrias relativamente simples tais como: baldes, pratos, facas, recipientes;
- Muito complexo; composto por mais de duas placas, muitas peças e com muitos movimentos relativos entre elas para produzir, por exemplo: aspiradores, caixas computadores e peças técnicas para a indústria automóvel.

No Grupo Simoldes, todos os moldes fabricados são classificados como muito complexos devido à diversidade de componentes que caracterizam a sua estrutura, acabando por estar diretamente relacionados com a geometria das peças que se pretendem produzir. Os clientes da indústria automóvel são extremamente exigentes e cada uma das peças tem de seguir, de forma criteriosa, não só normas europeias de qualidade como também normas e parâmetros impostos pelos próprios fabricantes, o que acaba por impor um grau de exigência e diversidade extremamente elevada aos moldes fabricados [6, 7].

2. Estrutura de um Molde Metálico

Um molde é um sistema composto por várias placas e diversos acessórios que tem como função suportar os elementos moldantes e seus sistemas funcionais. Essencialmente, uma estrutura de molde é constituída por dois elementos: as placas, que servem de suporte aos elementos moldantes e ao sistema de injeção, permitindo que a estrutura seja montada na máquina de injeção de materiais plásticos; e os calços, que permitem criar espaço necessário à movimentação do sistema de extração. Todo este conjunto de chapas e calços é fixado, guiado e transportado pelos respetivos acessórios, estando devidamente parametrizados e normalizados [4, 7].

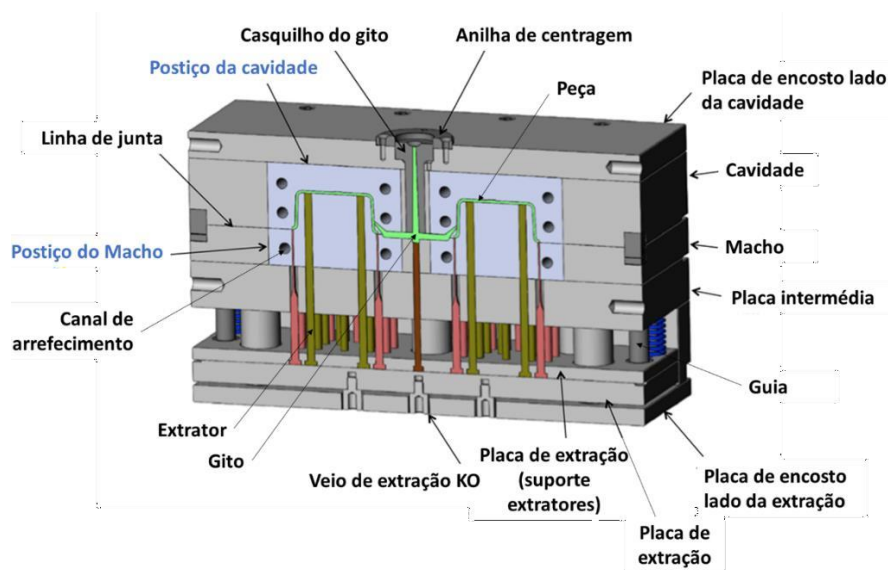


Figura 4 - Principais componentes de um molde para injeção de plásticos. Imagem adaptada da referência. Adaptada de [7].

Para além de todos os constituintes presentes num molde convém ainda mencionar que este, está dividido entre lado fixo e lado móvel. Ao lado fixo fica acoplado o sistema de injeção e as guias de suporte que assistem na estabilidade estrutural do sistema. Já o lado móvel é composto pelo sistema hidráulico que permite a abertura e fecho do molde. Apesar de não haver uma regra comum que dite a posição do macho e da cavidade em relação ao lado fixo e ao lado móvel é comum a cavidade, que é responsável pela parte exterior da peça, ficar posicionada na parte fixa uma vez que esta facilita a extração das peças e atribui uma estabilidade extra que garante, consequentemente, uma melhor qualidade superficial [8, 9].

Como foi dito anteriormente, os calços permitem obter o espaço necessário ao funcionamento do sistema de extração podendo também ter a opção de conferir ao molde a dimensão necessária para o seu correto funcionamento na máquina de injeção em que será instalado. Associados a este tipo de movimento estão outros constituintes nomeadamente os carrinhos que são por norma constituídos por uma liga metálica de cobre dado que este tipo de liga apresenta uma resistência à abrasão superior quando comparada com uma liga metálica de ferro. Os carrinhos assistem à movimentação dos elementos móveis aquando da abertura e fecho do molde e previnem o contacto entre os elementos produzidos em ligas metálicas de ferro com vista a impedir o desgaste precoce dos constituintes e gerar defeitos tais como a gripagem e o desgaste superficial. A liga utilizada no grupo Simoldes é o Amco 944. Para além dos carrinhos este tipo de liga é também utilizado nos bicos de injeção e em pinos de arrefecimento [8, 9, 10].

Todos os moldes apresentam geometrias diferentes e são concebidos à medida da peça que se pretende obter, contudo, existem componentes e estruturas que estão sempre presentes e que são essenciais ao seu correto funcionamento nomeadamente:

- Placas de encosto: fixam o molde à máquina de injeção e asseguram aposição favorável deste, em relação ao bico de injeção.
- Guias: garantem o alinhamento das duas partes do molde, durante a sua abertura para a extração.
- Macho e cavidade: concedem forma, tamanho e textura à peça em produção.
- Postiços: componentes metálicos montados na zona de gravação, com funcionalidade específica;
- Casquilho do gito: meio de entrada do plástico fundido para o molde.
- Sistema de Injeção ou Alimentação: direciona um volume específico de plástico fundido para a cavidade do molde
- Sistema de refrigeração: permite o controlo da temperatura das paredes do molde, assegurando o arrefecimento do polímero até à temperatura de extração.
- Sistema de extração: é responsável pela desmoldagem da peça após solidificação. É essencialmente constituído por placas, extratores e movimentos à extração [11, 12].

O processo de desenvolvimento de um molde é iniciado com a análise da peça (dimensões, material, complexidade da geometria) selecionando posteriormente que tecnologia de fabricação será utilizada e qual a liga de aço a utilizar. Sucede-se a otimização da geometria para moldação, definição dos pontos de injeção e linha de junta. São separados o macho e a cavidade, sendo definidos os eixos da extração e dos movimentos. Posto isto, são desenhados os canais de refrigeração e o sistema de injeção. O processo é finalizado com a adição dos restantes componentes: guias, travamento, calços, barras de segurança, sistema de içamento, entre outros. É de salientar que os sistemas de refrigeração e de injeção são validados por simulação térmica e reológica respetivamente. A otimização é uma etapa fundamental do seu desenvolvimento, otimizando-se a peça, o molde e o processo [11, 13].

2.1 Seleção de aços para um molde

No que diz respeito aos materiais utilizados, estes podem ser divididos em duas categorias: os materiais utilizados para a produção e constituição dos moldes metálicos e os materiais injetados no interior dos moldes, que darão o formato final e que farão parte da constituição da peça que se pretende obter. Uma vez que o tema desta dissertação incide na produção de placas estruturais e que para estes componentes se utilizam ligas de aço, será essa classe de materiais que verá expressão.

Os aços utilizados num molde de injeção de plástico variam de acordo com o componente em questão, mas geralmente são tenazes e capazes de resistir às tensões de compressão, flexão e fadiga. As elevadas séries de produção impostas juntamente com os efeitos da erosão do plástico, implicam um enorme desgaste que deve ser atenuado com uma dureza superficial correspondente e uma composição química adequada. Isto torna-se possível com a introdução de elementos de liga, como por exemplo o silício e o manganês, que conferem elevada resistência mecânica e alta resistência à deformação, respetivamente. As adições de outros elementos de liga cimentam e conferem ao aço a resistência necessária para conseguir suportar e lidar com as solicitações impostas, ao mesmo tempo que contrariam o desgaste que advém do processo [14, 15].

Tabela 1 - Composição química e dureza em Brinell dos aços utilizados na produção de moldes metálicos

Aço	Elementos (%):								Dureza:
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	(HB)
2738	0.35-0.45	0.2-0.4	1.3-1.6	0.03	0.035	1.8-2.1	0.15-0.25	0.9-1.2	290-330
2738HH	0.35-0.45	0.2-0.4	1.3-1.6	0.03	0.03	1.8-2.1	0.15-0.25	0.9-1.2	355-395
2311	0.35-0.45	0.2-0.4	1.30-1.60	0.035	0.035	1.8-2.1	0.15-0.25	-	270-350
F10	0.42-0.50	0.4	0.5-0.8	0.035	0.035	-	-	-	207

É ainda relevante mencionar que o material utilizado alterará o tempo de fabrico nomeadamente as etapas do processo produtivo e também, a qualidade do acabamento final uma vez que materiais difíceis de maquinar incrementam de forma significativa o tempo de fabrico e o desgaste das ferramentas de corte utilizadas. Assim, uma dureza mínima será sempre necessária para contrariar o desgaste a que o molde será sujeito. Após a análise da tabela 1 com as composições químicas dos principais aços utilizados na fabricação de moldes metálicos, podemos destacar e resumir algumas características fundamentais, nomeadamente:

- Resistência à corrosão;
- Alta soldabilidade;
- Boa tenacidade;
- Resistência ao desgaste;
- Resistência à tração e à compressão;
- Ductilidade moderada.

As placas estruturais não necessitam de aços com dureza muito elevada pelo que no Grupo Simoldes, para este componente, é comumente utilizado o aço F10 e o 2311.

2.2 Placas Estruturais

As placas estruturais são o principal foco deste trabalho. Atualmente, este tipo de componente é maquinado no setor de estruturas da Simoldes Aços para todas as empresas do grupo. Com geometria relativamente simples quando comparados com outros elementos presentes nos moldes metálicos, as placas estruturais são essenciais para o correto funcionamento do molde uma vez que irão guiar e conter todos os furos necessários para a passagem do sistema de injeção, arrefecimento, e outros elementos fundamentais bem como, funcionarão como a ligação entre o molde e a máquina injetora. O seu tamanho, comprimento e altura, é variável dependendo do tamanho do molde projetado, o que por sua vez, está diretamente relacionado com a peça de plástico que se pretende obter.

Aquando do planeamento de um molde metálico, os seus componentes são divididos consoante o grupo onde se inserem como, por exemplo, estrutura, cavidade, macho, movimentos mecânicos, movimentos pneumáticos, injeção, extração entre outros. Inseridos nestes grupo encontram-se as placas estruturais podendo obter várias nomenclaturas mediante o papel que desempenham - o documento utilizado pelo departamento técnico com todos os componentes encontra-se presente no Anexo G.

As principais placas estruturais são então denominadas por; placas de encosto (lado injeção e lado extração), placas de alojamento e placa do carburador. Esta última é por norma uma placa de maiores dimensões devido ao facto de alojar no seu interior o carburador responsável pela receção do plástico fundido a altas temperaturas. Na figura 5 abaixo apresentada, é possível assistir a três placas estruturais já assembladas em dois moldes metálicos.



Figura 5 - Placas Estruturais assembladas ao respetivo molde; foto tirada pelo autor

3. Ferramentas de Corte Utilizadas

Na indústria de moldes existe uma enorme variedade de ferramentas de corte com diferentes tipos, tamanhos e constituição, essenciais para a fabricação de moldes metálicos uma vez que vão ser elas a conferir a forma final pretendida ao molde através dos vários processos de maquinação. Em conjunto com os materiais utilizados na composição dos moldes, a seleção das ferramentas certas é extremamente importante e requer uma gestão individualizada pois pode traduzir-se num trabalho mais eficiente e consequentemente, mais económico. Existem ainda outros componentes associados às ferramentas, como é o exemplo dos cones ou alongas, que, dependendo do trabalho pretendido, são assemblados em conjunto de forma a tornar possível a estratégia de maquinação definida. O mercado das ferramentas para maquinação de metais é bastante diversificado, existindo um conjunto de soluções para todo o tipo de necessidades, inclusivamente através do recurso a fornecedores nacionais e internacionais.

Uma ferramenta completa implementada numa máquina CNC é geralmente constituída por uma estrutura de fixação, sendo esta composta por um porta ferramentas - e/ou um porta plaquetes e plaquetes - e a respetiva ferramenta. Os materiais utilizados na estrutura de fixação são maioritariamente os aços rápidos (HSS) e o metal duro, contudo, as ferramentas de corte propriamente ditas, nomeadamente a secção que está em contacto com o aço a maquinar, são maioritariamente compostas por aços rápidos, *cermet* e metal duro sinterizado, sendo posteriormente submetidas a revestimentos com o objetivo de melhorar a sua resistência ao desgaste, nomeadamente o carboneto de titânio, o óxido de alumínio e o nitrato de titânio [16, 17].

Na figura seguinte está representado um gráfico com os materiais mais utilizados na indústria das ferramentas, bem como a relação relativa entre a dureza e a tenacidade.

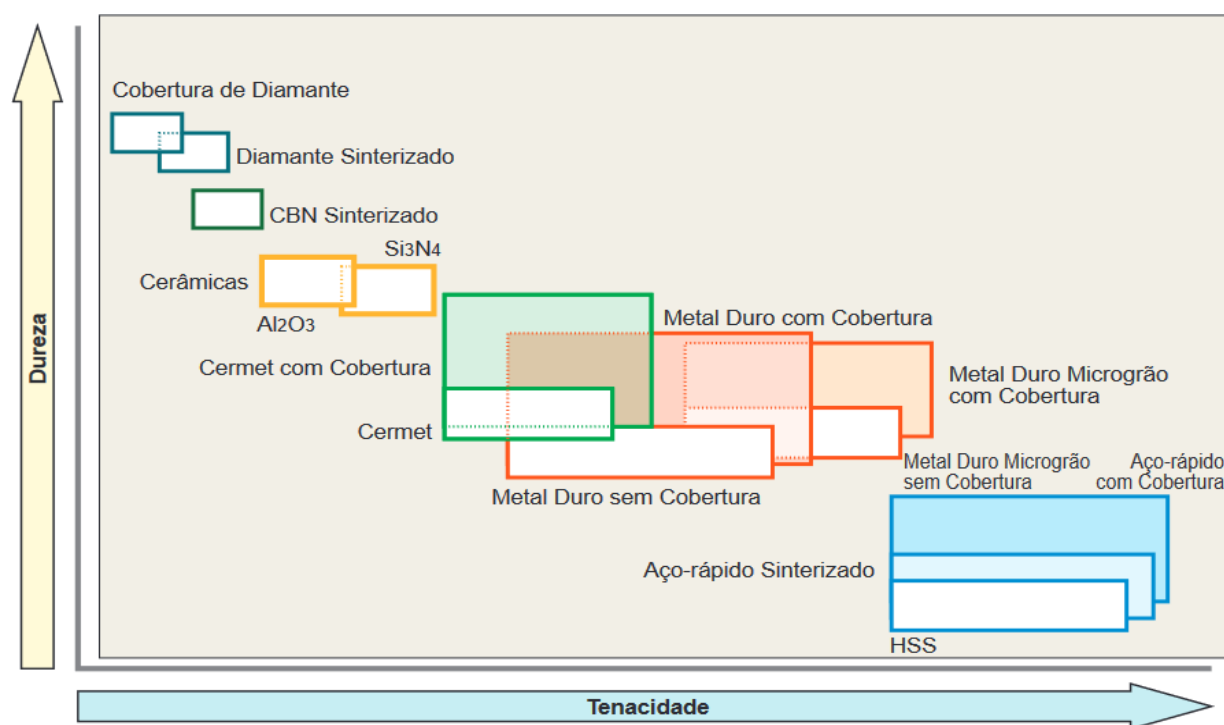


Figura 6 - Relação entre dureza e tenacidade dos materiais mais utilizados nas ferramentas de corte

3.1 Tipos de Ferramentas

Quanto ao tipo de ferramentas de corte, podemos encontrar umas mais generalistas ou outras mais específicas tendo em conta a situação em causa. Os principais grupos de ferramentas de corte encontradas no Grupo Simoldes denominam-se fresas e brocas, podendo ser ferramentas inteiriças ou ser associadas a pastilhas - também denominadas por consumíveis - que são trocadas à medida que são desgastadas. Existem ainda outras ferramentas de corte que são talhadas para trabalhos mais específicos, como por exemplo escareadores, fresas barril, fresas de lâminas e discos cortantes. Cada ferramenta está associada a um tipo de estratégia de maquinação adequada, podendo assim retirar o maior rendimento possível e garantindo, desta forma, uma maquinação eficiente, com o mínimo desgaste possível e o menor custo associado [17].

Resumidamente, as ferramentas de corte estão divididas em dois grandes grupos: as ferramentas inteiriças e as ferramentas de pastilhas ou de consumíveis, que se encontram representadas abaixo na figura 7.



Figura 7 - Ferramentas inteiriças à esquerda e ferramentas de pastilhas à direita

De facto, uma ferramenta de consumíveis utiliza componentes, denominados de pastilhas, que sofrem desgaste com a utilização e que necessitam de ser substituídos periodicamente. Estes componentes podem apresentar várias geometrias, como por exemplo circulares, triangulares, quadradas, pentagonais, hexagonais, octagonais e rômbicas, que se encontram representados na figura abaixo - figura 8. A composição destes consumíveis varia não só com a sua geometria, mas também com a cabeça onde será inserida e com o tipo de maquinaria a que será submetida, sendo este tipo de componentes, geralmente, composto por metal duro sinterizado. Uma mistura de carboneto de tungsténio com cobalto é feita para chegar ao pó, que é classificado como matéria prima e que será colocado num molde côncavo com o fim de ser prensado. Depois de prensado, é então colocado num forno onde será aquecido a uma temperatura de 1400°C, resultando no respetivo metal duro. É ainda importante referir que após ser sinterizado, o volume reduz significativamente, mas a dureza resultante é extremamente alta estando compreendida entre a dureza do diamante e da safira [17, 18].



Figura 8 - Diferentes tipos de pastilhas presentes na ferramentaria da Simoldes Aç

O início da montagem ocorre através do acoplamento da ferramenta a um cone, onde uma das extremidades corresponde alojamento da máquina e a outra ao diâmetro da ferramenta a usar. Aquando do começo da operação de maquinação, é então preciso montar a ferramenta escolhida num cone para que seja possível a respetiva união com a máquina. Estes cones podem ser de dois tipos: aperto térmico ou parafuso lateral - Weldon - selecionados conforme a ferramenta a utilizar. Tal como o nome sugere, um cone de aperto térmico utiliza as variações de temperatura súbitas para apertar a ferramenta, jogando com a dilatação e a compressão térmica do metal; já um cone Weldon, utiliza um parafuso e uma ranhura na ferramenta para a fixar ao cone. Para além destes tipos de cone, existem também cones de extensão, denominados por *Alonga* que proporcionam um maior alcance à montagem e que são geralmente utilizados quando há a necessidade de maquinar cavidades profundas onde uma estrutura composta somente por cone e ferramenta não tem alcance suficiente. Se, ainda assim, o diâmetro da ferramenta for inferior ao diâmetro do cone, podem ser utilizados acessórios denominados porta pinças que seguram a ferramenta ao respetivo cone, contornando a incompatibilidade de diâmetros.



Figura 9 - Cone térmico (à esquerda) e cone Weldon (à direita)

Segue-se então a calibração da ferramenta, processo que demora alguns minutos e que consiste em colocar a estrutura montada - ferramenta e o porta ferramentas - numa máquina específica e rodá-la. Este processo é realizado através de um sensor posicionado na máquina de medição, como por exemplo da Zoller -Anexo F -, tornando possível verificar se a ferramenta está a rodar de forma concêntrica ao eixo de rotação, garantindo uma montagem correta e obtendo uma ferramenta centrada. Como é expectável, uma ferramenta calibrada representará menos erros e, consequentemente, uma maquinação mais eficiente e próxima do projetado.

3.2 Parâmetros

Como mencionado anteriormente, a cada ferramenta estão associados parâmetros, por norma fornecidos e tabelados pelo fabricante. Estes parâmetros ditam os regimes que podem ser aplicados às ferramentas de corte, nomeadamente os avanços, as rotações, os incrementos, as estratégias e o tipo de geometria a que podem ser aplicadas. Em teoria, esses regimes permitem obter o maior rendimento possível da ferramenta, embora nem sempre seja possível aplicar esses parâmetros da forma exata à pretendida pelo fabricante, sendo necessária a implementação de mudanças mais realistas e que vão ao encontro do panorama real. Esse trabalho pertence à equipa de M&P, que opera diariamente com o objetivo de alcançar as melhores metodologias e os melhores parâmetros para cada etapa do processo produtivo [19, 20].

3.2.1 Velocidade de Corte

Estes parâmetros são determinados em função do material da peça, do material e características da ferramenta e as condições de operação; se é um desbaste ou um acabamento, com ou sem refrigeração e que tipo de fluido de corte, entre outros, são utilizados. Como dito anteriormente, são fornecidos pelo fabricante de cada ferramenta, apesar de poderem ser ligeiramente alterados consoante o enquadramento. A correta seleção tem como objetivo, o maior ciclo de vida útil da ferramenta e a maior eficácia na remoção de material, assim, esta deve durar o maior tempo possível ou para um determinado tempo de vida útil, produzir a maior quantidade de trabalho possível [19, 20, 29].

- Cálculo da velocidade de corte:

$$V_c = \frac{\pi \times D \times RPM}{1000}, \text{ em que o resultado é dado em m/min}$$

Os parâmetros essenciais ao cálculo da velocidade de corte são o diâmetro da ferramenta e as rotações por minuto que, como dito anteriormente, são determinados em função da constituição do material e das características da ferramenta. Da expressão acima, resulta a velocidade de corte máxima possível de aplicar em metros por minuto à ferramenta escolhida.

3.2.2 Velocidade de Rotação

Para aplicar uma velocidade de rotação adequada, deve-se considerar uma série de fatores como por exemplo, as características da fresa, o material da peça, a potência da máquina e o grau de acabamento da superfície da peça. Uma maior rotação, traduz-se num maior valor de potência da máquina, mas também, numa maior taxa de remoção de material [19, 20, 29].

O objetivo será sempre ter a velocidade de rotação o mais adequada possível consoante a ferramenta e a estratégia que está a ser aplicada uma vez que, após a escolha correta, o processo torna-se mais eficiente não só pelo o aumento do ciclo de vida útil da ferramenta como também pelo menor tempo associado.

- Cálculo da velocidade de rotação:

$$RPM = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D}, \text{ com o resultado dado em REV/min}$$

A velocidade de rotação utiliza como parâmetros fundamentais a velocidade de corte, o diâmetro da ferramenta e o pi. Aqui, o resultado da expressão indica a quantas revoluções ou rotações por minuto a ferramenta deve ser utilizada.

3.2.3 Velocidade de Avanço

A velocidade de avanço utiliza um conjunto de duas métricas nomeadamente o avanço por dente - ou navalha - e o número de navalhas e/ou dente de determinada fresa. De grosso modo, quando se utiliza uma fresa de pastilhas não é recomendado o uso de avanços muito baixos, mas por outro lado, quando se utilizam fresas de lâminas ou navalhas, valores de avanço elevados podem provocar um desgaste precoce da ferramenta através da lascagem das navalhas. Terá, portanto, também que existir um balanço entre a velocidade de avanço aplicada e o número de navalhas existentes uma vez que estes últimos, apresentam limitações mecânicas. O cálculo da respetiva velocidade é obtido segundo a fórmula abaixo:

- Cálculo da velocidade de avanço por rotação:

$$F_n = f_z \times n_z, \text{ com o resultado dado em mm/min}$$

Para determinar o correto valor de cada métrica, são postas em prática duas variáveis, nomeadamente o f_z , que representa o avanço por dente e o n_z , que representa o número de navalhas da respetiva fresa. Para calcular o avanço por dente, recorre-se à seguinte expressão:

- Avanço por dente:

$$f_z = \frac{F_n}{n_z}, \text{ com o resultado dado em mm}$$

3.2.4 Remoção de Apara

Finalmente, é importante mencionar os parâmetros que estão presentes na taxa de remoção de aparta. O valor que se obtém é utilizado recorrentemente na indústria porque torna passível de saber, quanto material é que esta a ser removido servindo paralelamente como testemunho à eficácia do processo. Este valor é dado através da seguinte equação:

- $Q = \frac{a_p \times a_e \times V_f}{1000}$, onde o resultado é dado em cm^3 .

Onde, a_p diz respeito ao avanço axial, o a_e ao avanço radial e o V_f à velocidade de avanço previamente mencionada. Seguindo o raciocínio de que num processo subtrativo que envolve a remoção de material com o fim de obter um molde metálico, quanto maior for a taxa de remoção mais rápido será o processo. A dificuldade e o grande desafio acabam por incidir em encontrar a melhor relação entre todos os parâmetros acima descritos de forma a que o processo seja o mais rápido possível sem que a ferramenta tenha um ciclo de vida curto e o desgaste da máquina seja demasiado elevado [18, 21].

3.3 Ferramentas para a Maquinação de Placas Estruturais

A maquinação de placas estruturais é efetuada recorrendo a ferramentas de corte talhadas para tal. O processo produtivo para obter este tipo de componente segue o fluxo que será apresentado no capítulo 4, contudo, as etapas de acabamento seguem uma tolerância rigorosa a nível dimensional, mas não altamente rigorosa no que diz respeito à qualidade superficial, especialmente comparada com a de outros componentes de um molde tal como o macho e a cavidade. Isto acontece, pois, como foi mencionado previamente, será nestes componentes que irá ocorrer a injeção do plástico fundido e como tal, é valorizada de igual forma e em paralelo a tolerância dimensional e superficial. Assim sendo, as listas de ferramentas de corte utilizadas no setor de estruturas apresentam dimensões e especificidades adaptadas às necessidades requeridas para a maquinação deste tipo de componentes.

As ferramentas de corte no setor estão divididas entre; ferramentas para o desbaste, ferramentas para o facejamento, ferramentas para furos e respetivo roscagem e ferramentas para a criação de pockets/caixas. De forma geral, estão também divididas mediante o grupo de material que as constituem e qual o seu objetivo, por exemplo, para a furação são utilizadas brocas e machos responsáveis por criar a parte da rosca.

Aqui o fator decisivo e variável é somente o diâmetro. Já para a criação de *pockets*/caixas é necessário utilizar um conjunto mais complexo de ferramentas de corte. Nesse caso, terão relevância fatores como o raio de canto e o comprimento de lâmina. Na figura 10 está apresentado o desenho 2D de uma broca com refrigeração, onde os principais parâmetros são; o diâmetro da zona útil -D1- e o diâmetro da zona de fixação - D2; o comprimento total da ferramenta - L2- e o comprimento de lâmina L1.

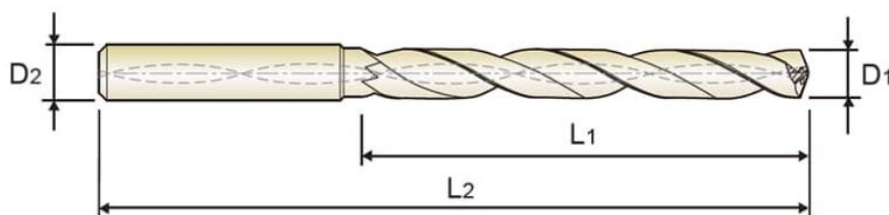


Figura 10 - Desenho 2D de uma broca com refrigeração

Como foi também previamente mencionado, a cada ferramenta estão associados parâmetros de operação e que são dependentes dos dados geométricos e das características da mesma. Na figura 11, retirada de um ficheiro Excel que contém as tabelas de todas as ferramentas de corte utilizadas no setor de estruturas, estão presentes exemplos dos valores de velocidade de rotação e velocidade de avanço para as brocas com diâmetros compreendidos entre os 3,3mm e 8mm e os seus respetivos parâmetros geométricos utilizados no setor.

D1	L2	L1	Tip Angle	S	F
3.3	28	66	120º	8500	595
4	36	74	120º	6400	640
4.3	36	74	120º	6400	640
5	44	82	120º	5100	665
5.1	44	82	120º	5100	665
6	44	82	120º	4300	640
6.8	53	91	120º	4300	640
8	53	91	120º	3200	545

Figura 11- Tabela com Parâmetros de corte de brocas
com diâmetro entre 3,3 e 8mm

Os principais grupos de ferramentas de corte utilizados no setor para a maquinação de placas estruturais são:

Tabela 2 - Diferentes tipos de ferramentas de corte usadas no setor de placas

Ferramentas Inteiriças	Ferramentas de Consumíveis
Brocas	Fresas de Pastilhas
Machos Cónicos	Escareadores
Fresas de Metal Duro	
Machos Normais	
Machos de Esmagamento	

3.4 Máquinas CNC

Para a produção e desenvolvimento de componentes por maquinação, recorre-se a máquinas com controlo numérico computadorizado - CNC - com dimensões e capacidades de trabalho variáveis que são adequadas ao tipo de componente que se pretende produzir e, à estratégia planeada. São instrumentos extremamente complexos, mas fundamentalmente são compostos por uma cabeça de máquina onde é anexado o sistema de fixação descrito no capítulo 3.2, responsável pela rotação da ferramenta e o respetivo arrefecimento e, a mesa, onde será colocada a peça que se pretende maquinar. Essa mesa pode ser simples - onde a peça é afixada com recurso a componentes específicos como o *fastmill* -, magnética ou giratória dependendo da máquina [23, 24, 25, 26].

Existem atualmente uma grande panóplia de máquinas CNC cujas características intrínsecas variam mediante o número de eixos pelo qual operam e, de que forma é que a cabeça da máquina interage com a mesa onde a peça é colocada. Essencialmente, estas podem ser divididas em dois grupos; máquinas de 3 eixos e máquinas de 5 eixos. Dentro dos dois grupos descritos, as máquinas podem ainda ser divididas consoante a relação efetiva entre a cabeça e a mesa nomeadamente; vertical ou horizontal nas máquinas de 3 eixos e; cabeça-cabeça, cabeça-mesa e mesa-mesa nas máquinas de 5 eixos. Um exemplo de cada tipo de máquina está presente no Anexo E.

Todas elas apresentam vantagens e desvantagens sendo que os principais fatores decisivos serão o tamanho, a complexidade da estratégia de maquinação e o custo da máquina. Na tabela abaixo, estão representados as principais vantagens e desvantagens de cada grupo de máquinas CNC existentes. As máquinas CNC de 5 eixos partilham as vantagens e desvantagem uma vez que a escolha da relação cabeça-mesa dependerá do tipo de trabalho que se pretende efetuar, tamanho da peça entre outros.

Tabela 3 - Diferentes tipos de máquinas CNC e respetiva relação entre eixos e cabeça-mesa

Tipo de Máquina e Relação Cabeça-Mesa	Vantagens	Desvantagens
3 Eixos: Vertical	-Custo/Investimento; -Programação Simples; -Maior facilidade de fixação das peças	-Necessidade de maior número de apertos; -Evacuação de Limalha
3 Eixos: Horizontal	-Custo/Investimento; -Programação Simples; -Facilidade na evacuação de limalha	-Maior número de apertos; -Maior Dificuldade de Fixação das peças
5 Eixos: Cabeça-Cabeça	- Maior flexibilidade de maquinação; -Redução do número de apertos (mudar a peça de posição)	-Programação CAM mais complexa; - Maior custo/Investimento
5 Eixos: Cabeça-Mesa		
5 Eixos: Mesa-Mesa		

3.4.1 Outros Sistemas - Controladores e *Post Codes*

Após a preparação CAM, tem de ser feita a ligação entre os software e as máquinas. Todos os softwares recorrem a um modulo denominado pós processadores. Como o próprio nome indica, este módulo diz respeito à criação e customização dos pós processadores dos centros de maquinação CNC que irão operar, permitindo paralelamente a aplicação de sub-rotinas, condições e todo o tipo de pequenas adaptações necessárias à realidade da empresa e/ou do setor. Fundamentalmente, este módulo caracteriza-se como sendo a ponte e/ou a linguagem entre o software CAM e a máquina CNC.

```
16 15 CYCL DEF 7.0 PONTO ZERO
17 16 CYCL DEF 7.1 Z+0
18 17 ;[PPR] =SDV-3224-HSE-MPM.PPR
19 18 ;[STOCK] =0.15
20 19 ;[TOOLDIA] =16.
21 20 ;[TOOLRAD] =0.
22 21 ;[STRATEGY] =VOLUMILL2D
23 22 ;[TOOLID] =1
24 23 TOOL CALL 75 Z S6000
25 24 ; PATTERN TYPE :Mixed
26 25 ; FILENAME:VOL030
27 26 ; OPERATION:VOLUMILL2D
28 27 ; TOOL REF NUMBER:1
29 28 ; TOOL NAME:FRANKEN16DESB
30 29 ; DIAMETER:16.
31 30 ; RADIUS:0.
32 31 L Z0.000 FMAX M91
33 32 M3
34 33 L X-125.252 Y-509.6 FMAX
35 34 M39
36 35 M51 M53
37 36 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
38 37 CYCL DEF 32.1 T0.333
39 38 L Z50. FMAX
40 39 L Z5. FMAX
41 40 L Z-10. F6000
42 41 L Z-14.8 F4500
43 42 L X-124.483 Y-508.254 Z-14.873 F5500
44 43 CC X-125.864 Y-507.465
```



```
16 15 CYCL DEF 7.0 PONTO ZERO
17 16 CYCL DEF 7.1 Z+0
18 17 ;[PPR] =SDV-3224-HSE-MPM.PPR
19 18 ;[STOCK] =0.15
20 19 ;[TOOLDIA] =16.
21 20 ;[TOOLRAD] =0.
22 21 ;[STRATEGY] =VOLUMILL2D
23 22 ;[TOOLID] =1
24 23 TOOL CALL 75 Z S6000
25 24 ; PATTERN TYPE :Mixed
26 25 ; FILENAME:VOL030
27 26 ; OPERATION:VOLUMILL2D
28 27 ; TOOL REF NUMBER:1
29 28 ; TOOL NAME:FRANKEN16DESB
30 29 ; DIAMETER:16.
31 30 ; RADIUS:0.
32 31 L Z0.000 FMAX M91
33 32 M3
34 33 L X-125.252 Y-509.6 FMAX
35 34 M39
36 35 M51 M53
37 36 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
38 37 CYCL DEF 32.1 T0.333
39 38 L Z50. FMAX
40 39 L Z5. FMAX
41 40 L Z-10. F6000
42 41 L Z-14.8 F4500
43 42 L X-124.483 Y-508.254 Z-14.873 F5500
44 43 CC X-125.864 Y-507.465
```

Figura 12 - Código NC e respetivo controlador Heidenhain

A informação partilhada é maioritariamente composta pelas coordenadas da posição da ferramenta e as condições de operação como; trocas de ferramenta, rotação e arrefecimento utilizado. Na imagem acima está representada um exemplo de um controlador numérico anexado à máquina - neste caso um controlador Heidenhain de uma DMG DMU Mori - e, o pós processador gerado, neste exemplo particular, gerado com recurso ao RTM.

4. Processo Produtivo

A fase inicial de fabricação de um molde metálico segue etapas com nomenclatura associada às características de cada operação. A primeira operação denomina-se por desbaste, tendo como propósito a maior taxa de remoção possível do aço, sendo por norma seguida pela operação de acabamento que permitirá obter o resultado final pretendido. O nível das tolerâncias associadas a cada etapa vai ficando, compreensivelmente, mais restrito ao longo do projeto, sendo mínimo, como seria de esperar, para as operações de acabamento. Cada etapa que envolve a produção deste tipo de molde será detalhadamente analisada de seguida [22].

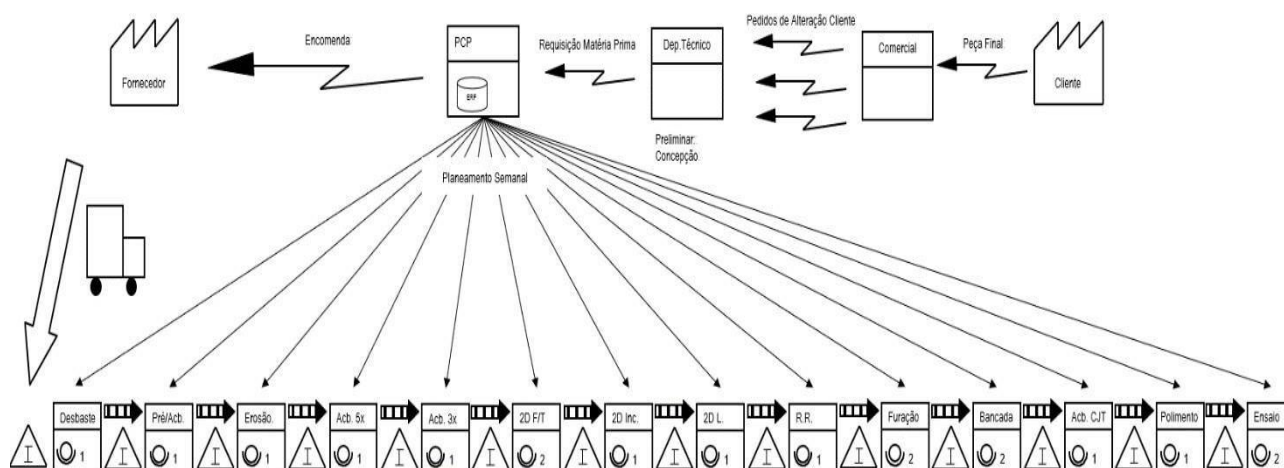


Figura 13 - Processo de fabrico de um molde de injeção de plástico (Simoldes, painel de porta)

4.1 Desbaste

A primeira etapa é denominada por desbaste e consiste na primeira estratégia de maquinação aplicada ao bloco de aço em bruto. Por esse motivo, acaba por ser um trabalho mais grosseiro, realizado com ferramentas grandes e pouco precisas sendo que a tolerância é suficientemente alta de forma manter a zona útil do aço intacta. Em simultâneo, pretende-se retirar o máximo de material possível ao bloco de modo a encurtar futuras estratégias de maquinação. Esta etapa ocorre principalmente no centro de fresagem da Simoldes e a tolerância aplicada ronda os 0.5mm tanto no macho como na cavidade [5, 22, 27, 28, 30].

A duração desta etapa será diretamente proporcional ao estado do aço quando chega às instalações, isto é, caso apresente cascão - ferrugem de um aço não preparado para ser maquinado - a etapa será mais demorada e envolverá a remoção desta camada oxidada antes do desbaste propriamente dito. Esta remoção é feita com recurso a uma ferramenta específica para o processo.

Se o aço já se encontrar adequado à etapa seguinte, é imediatamente submetido às operações de desbaste. O objetivo desta etapa é, não só remover o máximo de material e com isso preparar o aço para operações posteriores de acabamento, mas também, adicionar determinados constituintes como olhai - furos roscados - que são imperativos para o transporte do molde pelas diferentes empresas do grupo.

4.2 Re-Desbaste

O Re-Desbaste é a etapa seguinte, sendo um meio termo entre o desbaste e o acabamento. Aqui a taxa de remoção de material é inferior à do desbaste, no entanto a ferramenta tem uma maior proximidade da zona útil do bloco, permitindo assim encurtar estratégias de acabamento futuras, assegurando paralelamente que essas mesmas etapas, se iniciem mais próximas da zona útil de trabalho. Tudo isto torna crítico um bom planeamento nesta fase com vista a otimizar o estado do material do molde e das ferramentas de corte utilizadas bem como, dos processos que se sucedem.

4.3 Pré Acabamento

O pré acabamento é definido como uma etapa primária de acabamento, responsável pela preparação da superfície da peça para os acabamentos subsequentes. Esta estratégia é aplicada nas zonas não moldantes do bloco, ou seja, quase na totalidade da área do molde, com exceção para as juntas e para a zona onde o plástico vai ser injetado. Na prática, é aplicado nas zonas não nobres do molde e por norma, utiliza parâmetros que se aproximem de uma sobre espessura de 0,12mm com tolerâncias próximas dos 0,05mm.

Convém ainda mencionar a dificuldade associada à existência de um só programa de pré-acabamento. Por norma são dezenas de programas, com diferentes ferramentas de corte e diferentes inclinações que vão ficando com tolerâncias mais restritas, aproximando a superfície do estado pretendido para ser posteriormente submetida à etapa de acabamento.

4.4 Acabamento

Uma vez finalizadas as etapas de desbaste e pré acabamento, é então iniciado o acabamento, que por sua vez está dividido em diferentes estratégias ou técnicas de trabalho, anteriormente definidas pelo departamento CAM. Com o molde e a maquinaria anteriormente aplicada sobre o bloco em conta, são selecionadas as estratégias mais vantajosas de modo a que o molde obedeça às tolerâncias e requisitos definidos pelo cliente, com o menor custo temporal possível. O objetivo desta etapa é obter uma sobre espessura de 0mm sem marcas nas zonas não nobres da peça, ou seja, em todas as superfícies com exceção da zona moldante - zona que receberá o plástico fundido [5, 22, 27, 28, 30].

Visto que representa a etapa final das operações 3D, a qualidade da superfície deve ser o mais elevada possível de forma a potenciar também a qualidade do plástico injetado.

4.5 Etapas Complementares e Paralelas

Para além das etapas descritas anteriormente, associadas à produção do macho e da cavidade, existe um conjunto de outras etapas que dão origem aos componentes essenciais para o funcionamento de um molde metálico para injeção de plástico. Os componentes em causa, como placas, calços, guias de extração, extratores e postigos, são montados de forma a dar origem ao sistema completo, numa etapa denominada montagem e que acontece na zona da bancada. Consequentemente, associada à

produção de moldes, existem diferentes etapas de maquinação para além das já apresentadas e que serão descritas mais à frente.

Na figura 14, é possível observar não só os tipos de maquinação previamente referidos como o acabamento da cavidade. Adicionalmente são também visíveis outras geometrias mais simples como caixas e furações que acabam por ser essenciais ao bom funcionamento do molde. Por fim, poderá ser necessário realizar um polimento ou até mesmo um revestimento em zonas específicas, de forma a proporcionar ao molde, uma maior resistência à corrosão ou a outro tipo de solicitação específica que este possa enfrentar durante o transporte [5, 22, 27, 28].



Figura 14- Cavidade de um Molde Metálico

4.6 Assemblagem

A etapa final incide na montagem de todos os componentes produzidos e aqueles fornecidos por fabricantes externos. O setor onde as peças são assembladas denomina-se, como dito anteriormente, por bancada podendo envolver algumas afinações manuais. Aqui, o molde é assemblado por operadores com o conhecimento necessário e sem eles, nada do que foi até agora mencionado seria possível. Os anos de experiência fazem também com que, caso seja necessário, se possam aplicar medidas corretivas tais como pequenos ajustes que podem ser consequência de erros de alinhamento. Outro tipo de correção que pode ser efetuado é o polimento manual utilizando uma lixa ou a lubrificação em zonas que o necessitem.

Para além da assemblagem propriamente dita, acompanham os ensaios e muitas vezes a instalação do molde no cliente de forma a garantir a conformidade da ferramenta de moldação produzida. O molde obtido é ensaiado em máquinas de injeção antes de ser expedido para o cliente onde é novamente testado antes de entrar em produção com vista a garantir que as peças de plástico estão dentro dos requisitos pretendidos.

5. Tecnologias Assistidas por Computador

As Tecnologias Assistidas por Computador, em inglês *Computer Aided Technologies CAX* - definem o conjunto de *softwares* que assistem na concepção, análise e fabrico de componentes. Há bastante tempo que os softwares de CAD, CAE e CAM pertencentes ao grupo das CAX, são uma ferramenta essencial e poderosa na produção e desenvolvimento de moldes para a injeção de plástico. Estes tipos de software permitem amplificar as possibilidades de concepção, testagem e maquinação passíveis de aplicar não só de uma forma eficiente como também rentável.

5.1 Tipos de Software

Como mencionado, as CAX subdividem-se em CAD, CAE e CAM. Os softwares CAD caracterizam-se pelo uso de tecnologias que permitem projetar e documentar projetos. Uma das principais vantagens da utilização do software CAD é a substituição do desenho manual por um processo automatizado, permitindo uma maior rapidez e melhor visualização do projeto. Utilizado pelo departamento técnico, possibilita a modelação 3D do molde e de todos os seus constituintes seguindo, obviamente, as normas aplicáveis. Já os softwares CAE possibilitam a criação de protótipos virtuais dos produtos escolhidos, simulando-os nas mais diversas condições de uso, o que permitirá efetuar estudos prévios do fabrico da peça relativamente ao comportamento em serviço como, a resistência mecânica, a resistência ao desgaste e à abrasão, a temperatura máxima e mínima de serviço, entre outros. Desta forma, apresenta-se como uma ferramenta fundamental e que deve ser dominada por qualquer empresa uma vez que permite reduzir os problemas dos seus componentes, evitando os inúmeros testes físicos. Para além disso permitem também demonstrar características físicas como o material, o acabamento entre outros. Por último, os softwares CAM permitem a fabricação de modelos físicos e tem como objetivo a criação do processo mais rápido da produção da peça desejada e dos componentes com as dimensões mais precisas e com todas as propriedades mecânicas exigidas, utilizando apenas a quantidade necessária de matéria-prima e de energia consumida, minimizando assim os resíduos e os custos. Também é possível, com o software CAM, estudar o processo de fabricação da peça antes da sua execução, através da avaliação dos percursos e do desgaste das ferramentas de corte, com o objetivo de aumentar a produtividade do processo através da automatização permitindo consequentemente obter peças com geometrias extremamente complexas.

Existem atualmente diversos softwares sendo que no grupo Simoldes, se utilizam principalmente o *Catia*, o *NX* e o *Fusion 360* para aplicações CAD e CAE e, o *PowerMill* e o *RTM* para aplicações CAM [24, 25, 26, 30].

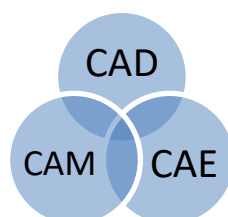


Figura 15- Interligação entre os 3 tipos de softwares

5.2 Software CAM - RTM

Como referido anteriormente, o software utilizado para desenvolver a presente dissertação foi o RTM da *Lemoine Technologies*. É um software que trabalha com várias bases de dados que sustentam a preparação do trabalho CAM, nomeadamente:

- Base de dados de ferramenta;
- Base de dados de padrões de furação;
- Base de dados de caixas (*Pockets*);
- Base de dados de automatismos 3D.

Este software é especialmente poderoso em operações de maquinação, uma vez que permite a criação de bibliotecas de geometrias padronizadas sendo que estas, podem ser associadas a códigos de cores, ferramentas de corte e também, aos parâmetros, condições e operações a utilizar [31].

É, portanto, altamente indicado para a preparação da maquinação de placas estruturais utilizadas em moldes de injeção de plástico.

No capítulo da Metodologia, será descrito qual é o fim de cada base de dados, o que é que caracteriza cada tipo de definições presentes e de que forma podem ser alterados de forma a otimizá-los.

5.2.1 Layout Gráfico

No que diz respeito ao layout gráfico - ou *front end* - do RTM, a primeira janela apresentada ao utilizador é a barra de acesso rápido aos diferentes módulos ou BD's estruturantes do software representado pela figura 25. Esta barra permite o acesso não só a todos os módulos e bases de dados como também, à janela de preparação de trabalho.



Figura 16 - Barra de acesso rápido; RTM

Relativamente à interface de programação CAM apresentado na figura 17, é possível identificar os diferentes menus e funcionalidades do software. A barra superior - *ribbon bar* - permite o acesso às várias funcionalidades do RTM. Já a área gráfica, comum aos diversos softwares CAM, está no centro da janela e permite obter uma visualização 3D do/s modelo/s [31].

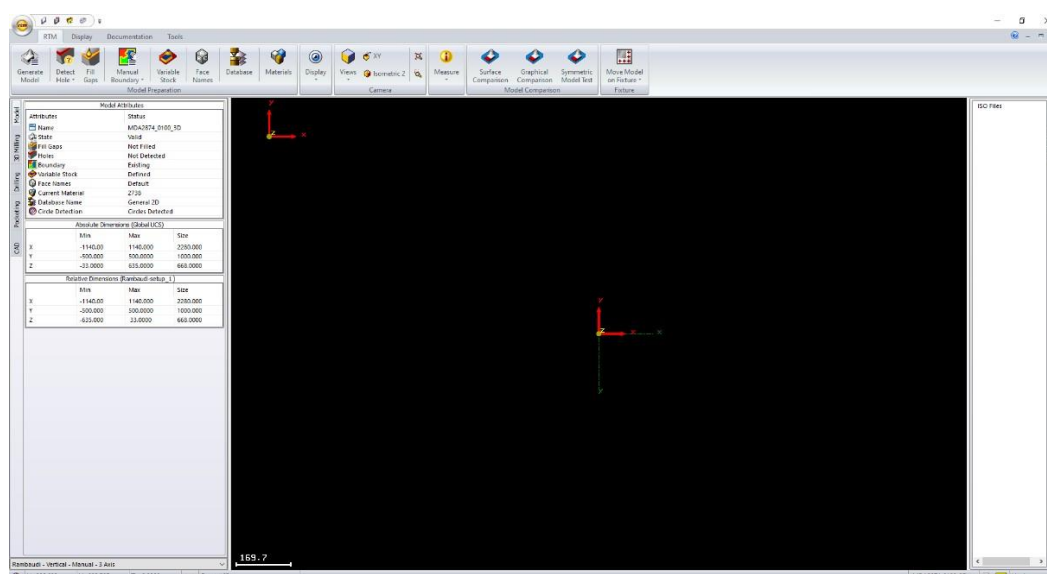


Figura 17 - Interface de programação CAM; RTM

À esquerda da área gráfica existe mais uma barra de acesso, presente na figura 18, neste caso, relativamente às 5 instâncias de trabalho em RTM:

- Modelo;
- Maquinação 3D;
- Furação;
- Maquinação de Caixas;
- CAD.

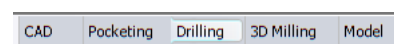


Figura 18 -Instâncias de Trabalho no RTM

Na sub instância de Modelo existe toda a informação relativa ao modelo a maquinar e aqui, o utilizador pode definir vários parâmetros como por exemplo, o tipo de material da peça - variando os parâmetros de corte das ferramentas - e o nível da base de dados a utilizar - por exemplo particularizar a utilização de uma base de dados específica de uma máquina. Para além disso é ainda apresentada a informação dimensional do modelo.

As abas de Maquinação 3D, Furação e Maquinação de Caixas permitem a criação dos vários percursos de maquinação possíveis, em sintonia com as respetivas bases de dados mencionadas previamente. Por último, a aba CAD permite ao utilizador realizar tarefas de modelação tais como criação e manipulação de superfícies, segmentos de reta, arcos e círculos [31].

5.2.2 Outros Módulos

De forma a complementar o software CAM é ainda relevante mencionar os restantes módulos que o compõem, nomeadamente:

- Módulo de pós processadores;
- Configurações de maquinação;
- Definições Gerais.

O módulo de *pós processadores*, como o próprio nome indica, diz respeito à criação e customização dos pós processadores dos centros de maquinação CNC que irão operar, permitindo paralelamente a aplicação de sub-rotinas, condições e todo o tipo de pequenas adaptações necessárias à realidade da empresa e/ou do setor. Resumidamente, este modulo caracteriza-se como sendo a ponte e/ou a linguagem entre o software CAM e a máquina CNC [31].

B. Metodologia

Esta dissertação, em parceria com o departamento de M&P da *Simoldes Tools*, tem como meta desenvolver uma metodologia para o aumento da capacidade produtiva do setor de estruturas. O trabalho experimental teve 2 objetivos principais: a avaliação do estado atual do setor com a respetiva determinação e estruturação de um plano corretivo e, a implementação das melhorias projetadas. A metodologia utilizada para a melhoria seguiu o plano de projeção e desenvolvimento de uma placa estrutural onde foram tidos em conta todos os intervenientes com especial destaque para preparação CAM uma vez que o foco de trabalho incidiu principalmente nesta etapa.

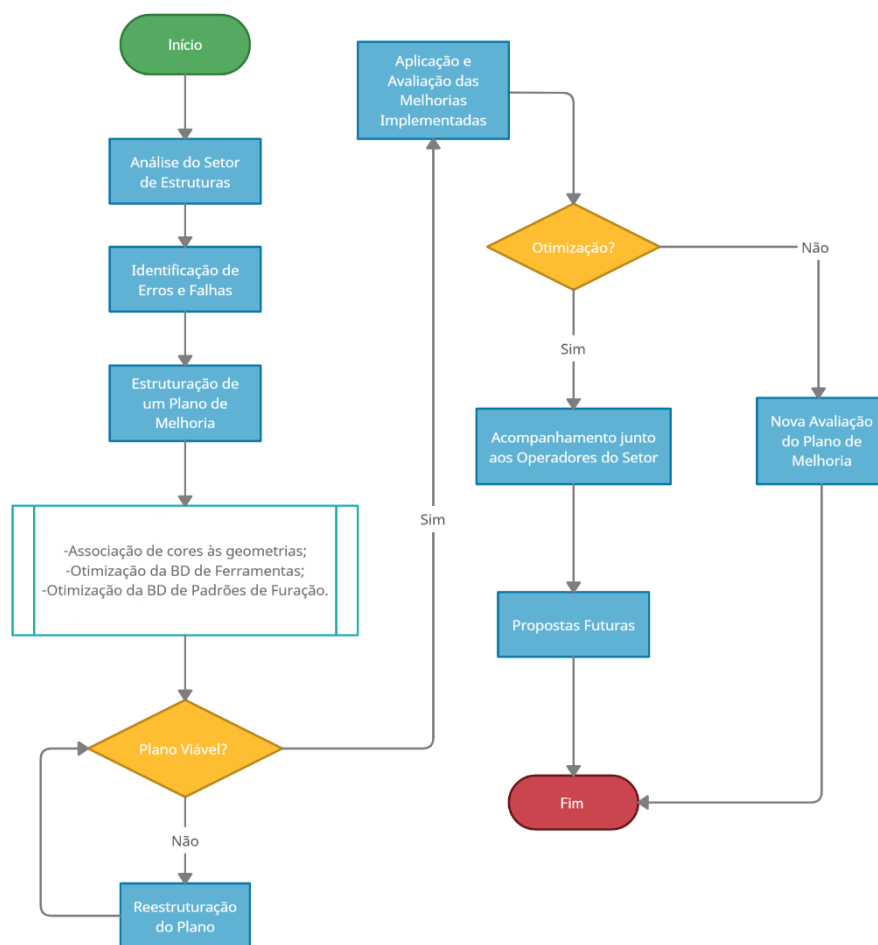


Figura 19 - Fluxograma com as várias etapas do procedimento experimental.

1. Caracterização do Estado Atual

O primeiro passo na melhoria do processo produtivo de placas estruturais incidiu na avaliação do estado atual do setor mais concretamente, na informação presente, a parametrização e automatismos utilizados e as bases de dados de RTM existentes no setor como: os padrões de furação, de *pockets*/caixas e das ferramentas. Após uma primeira análise, foi evidente a necessidade reestruturar a base de dados utilizada e reformular os automatismos presentes.

Primeiramente, denotou-se ausência da associação de cores com as respetivas tolerâncias às geometrias utilizadas. De seguida, durante a análise do RTM e as suas instâncias foi perceptível a existência de lacunas nas bases de dados de padrões de furação e na base de dados de ferramentas. Outras instâncias como a base de dados de *pockets*/caixas não apresentava problemas graves, mas também havia espaço para melhorias, contudo, devido ao curto tempo de estágio não foi possível aplicá-las. Nos capítulos seguintes será descrita com mais detalhe como funciona o setor de estruturas, de que forma o RTM está integrado e quais as possibilidades de melhoria.

1.1 Setor de Estruturas

Como foi ligeiramente abordado na introdução, o caso de estudo centra-se no setor de maquinação de estruturas, setor este que é responsável pela produção de placas estruturais para toda a divisão de moldes. É um setor presente na Simoldes Aços - nave 1, exemplificada na figura 20 - desde 2008 e é composto por 4 máquinas CNC Trimill- apresentada no Anexo E.1- de três eixos com base magnética que se encontram posicionadas ao lado da receção do aço. Estas máquinas funcionam 24h nos 5 dias semanais, havendo um esforço para existir também produção ao fim de semana caso haja necessidade para tal.



Figura 20 - Figura esquemática da nave 1 da Simoldes Aços

É uma célula produtiva que foi implementada com intuito de centralizar a maquinação do grupo. Para tal, recorreu-se ao software CAM RTM da *Lemoine Technologies* em que, inicialmente, foram criadas todas as ferramentas de corte necessárias com as devidas parametrizações, adicionadas as geometrias a maquinar nas placas produzidas e os respetivos automatismos CAM. Este, apresentou-se desde o início como sendo um setor bastante eficiente e autónomo e de todos os setores existentes no grupo, é aquele que se assemelha mais a uma produção em série - assim como o setor de maquinação de elétrodos de grafite - uma vez que, apesar das estruturas serem sempre diferentes, as operações a realizar vão ser, em grande parte, muito parecidas ou até mesmo iguais. Devido à grande autonomia que sempre caracterizou o setor, a manutenção das bases de dados e automatismos ficou ao seu encargo, no entanto, desde o início do ano de 2022 este assistiu a um aumento de carga de trabalho devido ao aumento abrupto da produção de moldes que se fez sentir pós pandemia.

Por este motivo, o caso de estudo foca-se precisamente neste setor onde se pretende perceber detalhadamente o estado atual das várias bases de dados e automatismos, identificar os problemas, identificar pontos de melhoria e implementar as ações de melhoria que resultem num aumento produtivo.

1.2 Estado Atual da Base de Dados e a sua Integração

A preparação de trabalho no setor inicia-se com a importação do modelo a maquinar. Cada modelo CAD de uma placa estrutural que é importado e aberto no setor de estruturas é composto por um conjunto de geometrias correspondentes aos padrões de furação presentes. Em algumas placas estruturais podem também estar presentes padrões relativos os *pockets*/caixas.

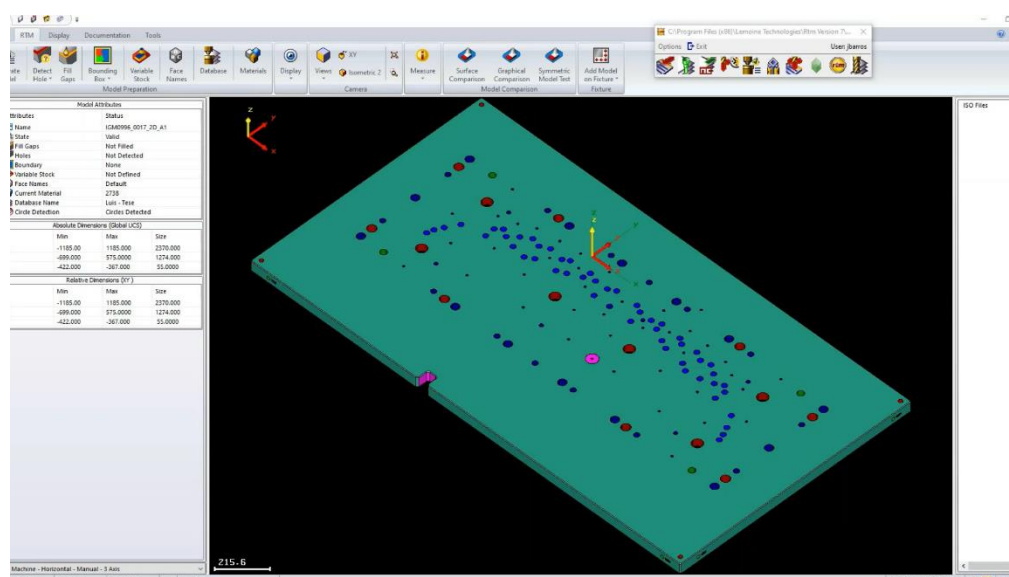


Figura 21 - Modelo de uma Placa Estrutural aquando da importação em RTM

Quando um dado modelo é incorporado aquando da preparação do trabalho, nomeadamente de furação, pelos operadores, as geometrias dos diferentes constituintes

presentes não tem anexadas cores que as diferencie. Para constituintes com grandes diferenças geométricas, apesar de atrasar a preparação e não ser ideal, isto não representa um problema massivo uma vez que são facilmente identificados pelos operadores, mas quando são constituintes parecidos - como por exemplo cavilhas e furos, apresentados no Anexo A- a identificação em separado de cada um deles acaba por ser um grande obstáculo.

Esta lacuna de cores associadas a geometrias origina uma seleção individual de cada elemento presente num dado modelo por parte do operador e posterior determinação das operações a realizar. Atualmente, o setor recorre às várias bases de dados do RTM de forma a criar automatismos para a maquinação das placas estruturais com recurso a máquinas CNC. Os automatismos são particulares, ou seja, são relativos a cada padrão de furação encontrado aquando da importação de um modelo. Adicionalmente, o automatismo atual tem de ser orientado a um padrão de furação de forma manual por um operador presente no setor uma vez que o software não reconhece automaticamente os padrões presentes nem associa os respetivos automatismos que foram desenvolvidos.

As associações de cores a cada tipo de geometria do constituinte, para além de permitirem a criação de automatismos sem *input* manual, são essenciais para parametrizar e diferenciar as de mais presentes nos modelos e, eliminar potenciais falhas que advêm de uma errada seleção das condições que as caracterizam.

Adicionalmente, as bases de dados de padrões de furação e de ferramentas apresentam erros na sua constituição como a criação de automatismos individuais para o mesmo grupo de geometrias e a ausência da montagem dos sistema de fixação com ferramenta e cone.

1.3 Procedimento Experimental - Melhoria

Primeiramente serão abordadas todas as geometrias que são utilizadas no setor e de que forma podem ser associadas às respetivas cores. Para tal, será requerida a respetiva lista que é utilizada pelo departamento técnico da Simoldes Aços. A seleção das ferramentas de corte essenciais para o setor de estruturas será efetuada segundo a lista que já estava previamente em uso no setor. As que se encontram em desuso serão eliminadas e as que estão atualmente em uso vão ser submetidas a uma avaliação dos parâmetros de forma a garantir que ainda estão dentro dos valores sugeridos pelos fabricantes e/ou os valores adaptados pela equipa de M&P.

De seguida será efetuada uma revisão das principais bases de dados mais concretamente da base de dados dos padrões de furação e da base de dados de ferramenta. A revisão permitirá encontrar, avaliar e corrigir as falhas presentes e criar os automatismos necessários de forma a potenciar o software usado e criar uma preparação de trabalho mais simples, intuitiva e livre de erros.

2. Metodologia adotada - Placas Estruturais

Neste capítulo são descritas todas as etapas do desenvolvimento da metodologia para a otimização do processo produtivo das placas estruturais. O aumento da produtividade do setor passa pela redução do tempo despendido na preparação CAM e no aumento da eficiência de maquinação necessária para produzir este tipo de componente. Isto advém de uma base de dados mais simples e intuitiva. O conjunto destes dois fatores resultará num consequente aumento da capacidade produtiva do setor devido ao simples facto de ser necessário menos tempo para preparar e maquinar cada componente. Para além disso, a criação de automatismos gerará uma diminuição das não conformidades uma vez que, quanto mais automatismos existirem menos erro humano existe também eliminando paragens desnecessárias que resultam, por exemplo, da quebra de ferramentas. Desta forma, foram traçadas etapas fundamentais para obter os resultados pretendidos nomeadamente:



Figura 22 - Etapas da metodologia para a otimização das placas estruturais

Durante o planeamento da estratégia para o desenvolvimento da metodologia foram consideradas as instâncias de trabalho presentes no software bem como, a utilização detalhada de cada ferramenta utilizada no setor, ou seja, qual o seu papel e de que forma está implementada nas máquinas CNC presentes.

Às geometrias utilizadas como padrões de furação serão anexadas as cores relativas à tolerância respetiva e ao propósito do componente.

Em relação à base de dados de padrões de furação, serão modificados e criados todos os automatismos possíveis para determinado padrão de forma a reduzir automatismos repetidos de determinada geometria.

No que diz respeito à base de dados de ferramenta, todas as ferramentas de corte que atualmente não sejam utilizadas serão removidas da base de dados. Serão também adicionadas as respetivas montagens de cones e alongas de forma a tornar os automatismos mais fidedignos e maquinação mais segura.

2.1 Integração das Geometrias

Um dos grandes obstáculos do setor era a utilização de geometrias sem a associação de cores. Isto levantava inúmeros problemas no que diz respeito à correta identificação do tipo de operação que tinha de ser efetuada. Por exemplo, sem correta associação das geometrias a uma cor o software não consegue distinguir entre duas geometrias idênticas - um furo para de roscado m8 e uma cavilha com diâmetro de 6 - uma vez que apresentam o mesmo número de círculos e o mesma aparência geométrica.

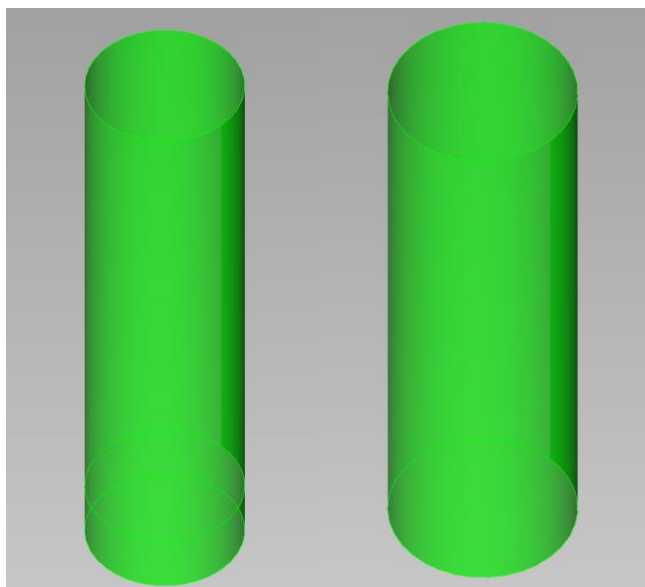


Figura 23 - Geometrias sem cores; furo roscado cego à esquerda e cavilha à direita.

Isto gerava problemas no que diz respeito à escolha das respetivas sequências de operações. Com a integração das cores, apresentadas no Anexo B torna-se possível identificar individualmente cada tipo de geometria, a sua dimensão e que tolerância lhe é associada. Para tal, será efetuada uma análise das geometrias utilizadas pelo departamento técnico e serão posteriormente integradas no software [31].

2.2 Base de Dados - RTM

O software utilizado, como descrito no capítulo 5.2.1, está dividido em várias bases de dados que sustentam a preparação de trabalho. A existência e a possibilidade de manipulação destas bases de dados é extremamente importante uma vez que tornam o software altamente personalizável e adaptável à realidade de cada empresa. A implementação das melhorias levou a cabo a análise e reestruturação destas bases de dados e das bibliotecas de informação que as compõe, de forma a torná-las mais completas e com menos erros associados.

Convém ainda mencionar, que a alteração destas bibliotecas foi projetada seguindo não só as melhorias projetadas e todas as normas relativamente à correta nomenclatura - como por exemplo no diâmetro de círculos - mas também, em conjunto com os colaboradores da Simoldes presentes no setor de estruturas uma vez que serão eles que as aplicarão diariamente. Desta forma, foi tida em conta e meticulosamente delineada, a melhor estruturação possível de forma a ser altamente intuitiva.

2.2.1 Base de Dados de Ferramenta

A base de dados de ferramenta, como o próprio nome indica, é uma biblioteca de ferramentas de apoio à preparação de trabalho em RTM. Fundamentalmente, esta biblioteca está dividida em 4 instâncias sendo elas:

- Ferramentas;
- Suportes;
- Montagens;
- Carrossel de Ferramentas;
- Cabeças de Máquina.

A instância de ferramenta visa a catalogação das ferramentas de corte disponíveis a utilizar em cada uma das máquinas CNC, como por exemplo: fresas, brocas, machos - ferramentas para roscar - e escareadores. Para os automatismos funcionarem, terão de ser introduzidos os dados geométricos das ferramentas e posteriormente associados os parâmetros de corte de cada uma. Cada grupo de ferramenta utiliza diferentes parâmetros de corte, como mencionado no capítulo 3.3. Para além disso, dentro do mesmo grupo de ferramentas de corte também vão existir diferenças nos parâmetros uma vez que estes são especificamente talhados pelo fabricante a cada uma delas.

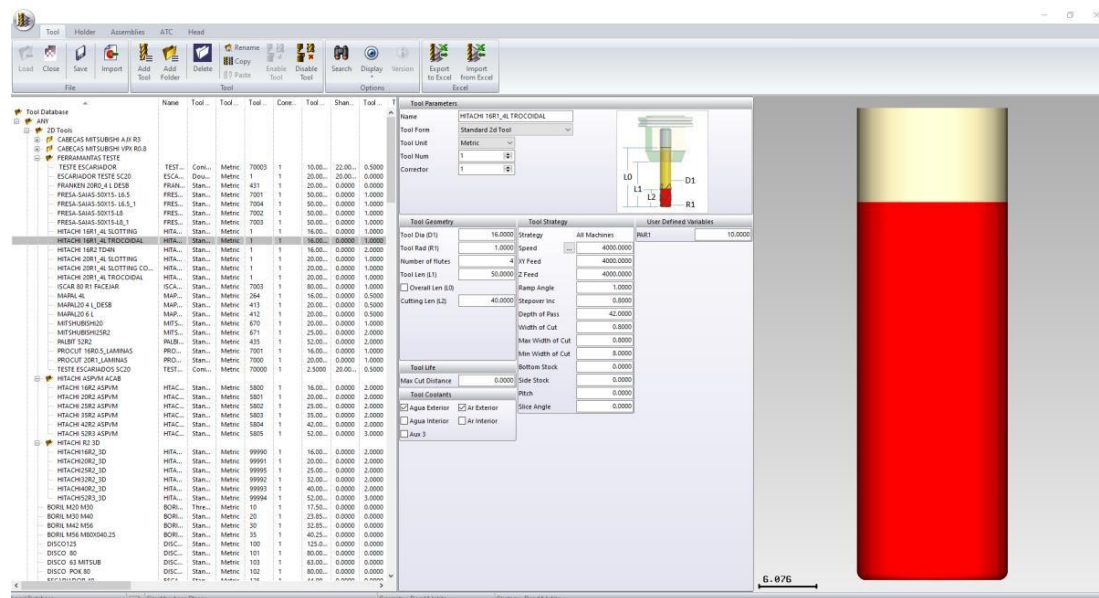


Figura 24 - Interface da Base de Dados de Ferramenta

Já a instância de suportes, visa a catalogação de componentes não cortantes das assemblagens de ferramenta tais como os cones e alongas. Estes componentes, ao contrário das ferramentas de corte, têm associados somente dados geométricos e não parâmetros de corte. A instância de montagens denominada por *assembly*, corresponde à conjugação entre as ferramentas de corte e os suportes criados nas instâncias anteriores. Já o carrossel de ferramentas equivale às posições que as montagens têm no carrossel de ferramentas da máquina CNC em questão. Por último, a instância de cabeças de máquina corresponde à biblioteca dos modelos 3D dos equipamentos CNC a operar. Esta instância apresenta os vários modelos 3D das máquinas CNC existentes no Grupo de forma a garantir que os trajetos de maquinação projetados não apresentam

nenhuma colisão entre a cabeça da máquina e o bloco de aço. Fundamentalmente, é o filtro final entre o preparador CAM e o operador. Visualmente, esta instância apresenta o curso da cabeça de cada máquina e a respetiva montagem da estrutura de fixação [31].

O setor de estruturas não utilizava os dados geométricos deste tipo de componentes na sua base de dados, mas sim apenas, os dados relativos às ferramentas de corte. Assim, foi necessário introduzi-los e recorrer ao *assembly* de forma a criar uma montagem de ferramenta fidedigna e que correspondesse à realidade cimentando a integridade do automatismo e removendo potenciais erros. No capítulo C será detalhado de que forma é que a implementação das melhorias projetadas foi efetuada.

2.2.2 Base de Dados de Padrões de Furação

A base de dados de furação representa a biblioteca que inclui os padrões de furação. Um padrão de furação, em linguagem RTM, é uma sequência de círculos com diferentes diâmetros, ou não, distanciados por um certo comprimento, sendo que estas cotas geométricas têm sempre presente uma tolerância associada e que é previamente definida pelo utilizador para que um respetivo padrão de furação, possa ser o mesmo para diferenças geométricas mínimas - por exemplo, uma diferença de 0,02 mm.

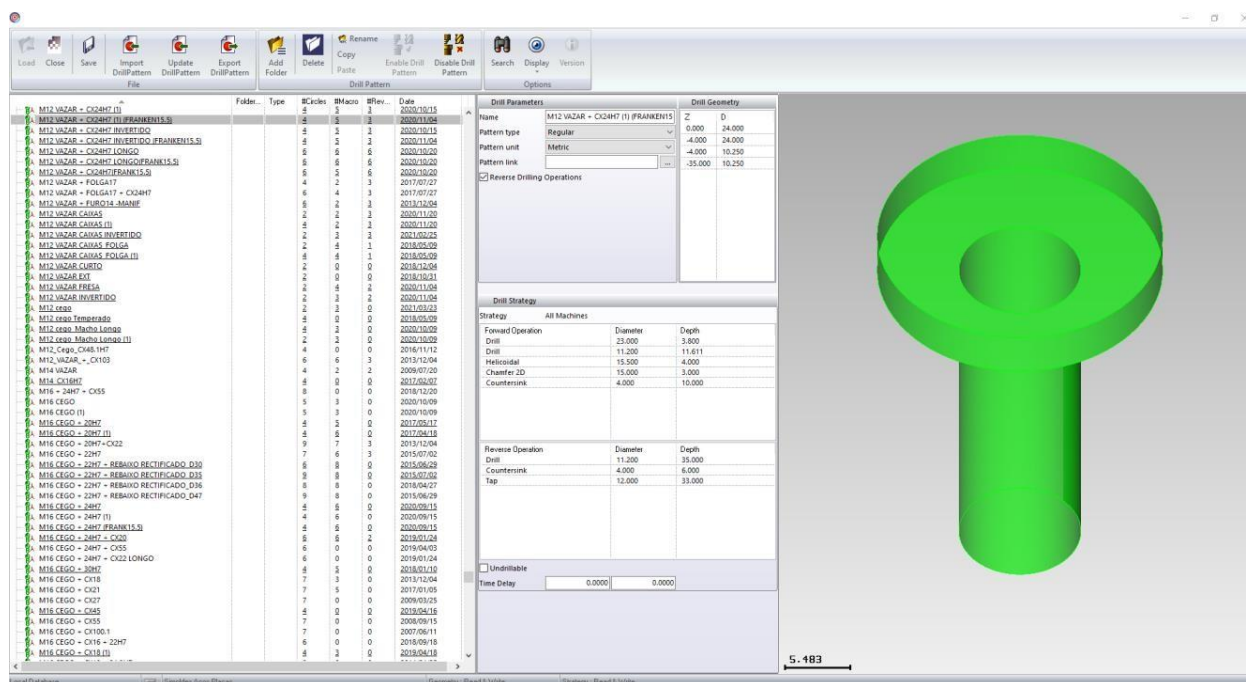


Figura 25 - Interface da Base de Dados de Padrões de Furação

Na figura acima está representada a interface da base de dados com alguns dos padrões de furação existentes no setor. A figura 25 representa um exemplo prático relativo a um furo roscado M12 onde existem mais de 20 padrões de furação para a mesma geometria, cada um relativo a um pormenor ligeiramente diferente tal como, o furo ser vazado ou cego. Existem também padrões de furação referentes ao ano de 2008 que, apesar de poderem eventualmente ser usadas atualmente, os casos em que isso acontece acabam por ser muito escassos.

Atualmente, o RTM utiliza uma sub instância que permite criar os automatismos associados a determinada geometria. Aquando da integração de um modelo, este é composto por um número de padrões de furação que são identificados através de círculos.

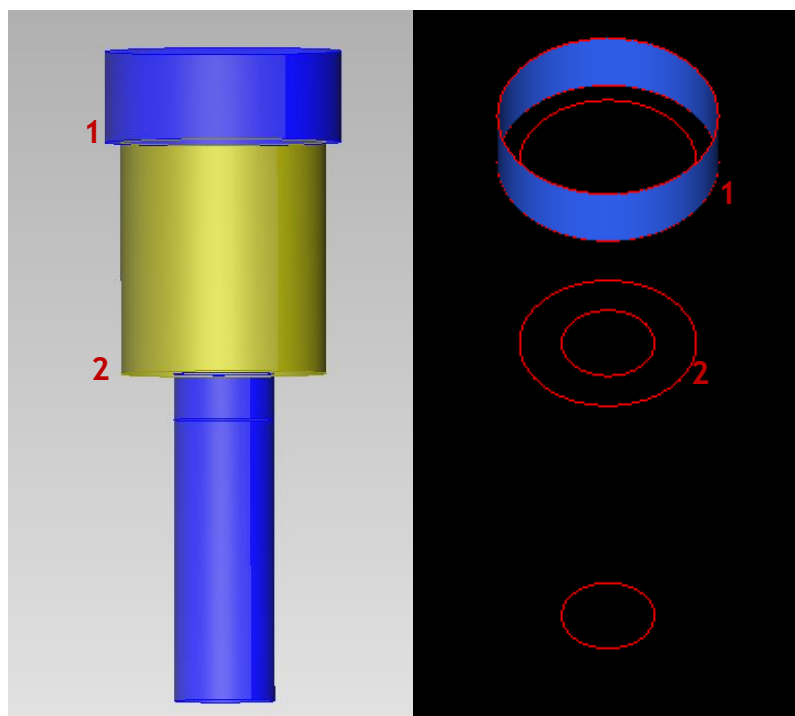


Figura 26 - Geometria presente no RTM e deteção de círculos

Na figura 26 está exemplificada uma geometria de um extrator e de que forma a sub instância de automatismos interpreta os círculos presentes. Existem extratores de diversos tamanhos, tal como existem inúmeros tamanhos para todas as outras geometrias. Orientando o raciocínio ao exemplo da figura 26, a distância presente entre 1 e 2 pode variar consoante o extrator presente, mas a lista de operações a realizar é exatamente a mesma mudando, em alguns casos, somente as ferramentas de corte utilizadas. Até ao momento, os automatismos criados estavam associados a cada geometria isolada. Isto não é de todo eficiente porque potencia a criação de vários automatismos para o mesmo grupo de geometrias. Recorrendo à sub instância do RTM é possível criar apenas um automatismo e adaptá-lo a grupos de geometrias mudando somente as condições e ferramentas de corte, que estão associadas ao intervalo de cotas geométricas de um determinado padrão de furação. Assim, a distância entre 1 e 2 pode ser, por exemplo, 0 e 5mm, 0 e 20mm ou até mesmo 10 e 80mm. Esse dado pode variar uma vez que não vai estar associado somente a distância entre 1 e 2, mas sim, à geometria que o identifica neste caso, como um extrator. O plano para melhorar a base de dados de padrões de furação incidiu assim, em anexar todas geometrias a um grupo e criar os respetivos automatismos que permitissem a maquinação. No capítulo C, será descrito detalhadamente quais são os passos que possibilitam a criação e unificação dos automatismos e de que forma se podem modificar as diferentes condições passíveis de aplicar a cada grupo de padrões de furação. Assim que esteja definido um padrão de furação e a sua respetiva maquinação parametrizada, sempre que o mesmo estiver presente na placa a maquinar, a sua preparação de trabalho tornar-se-á automática [31].

2.2.3 Base de Dados de *Pockets*/Caixas

A base dados de *pockets*/caixas é muito semelhante à de padrões de furação. Esta é definida por uma silhueta de 2D da respetiva caixa utilizando uma sequência de segmentos de reta e, se for o caso, arcos, podendo ainda haver também, a introdução de cores para diferenciação de zonas modeladas da mesma forma, mas com precisões de maquinação diferentes.

No caso desta entidade, é possível criar o automatismo de maquinação sem a geometria modelada associada, isto é, definir uma sequência de montagem de ferramenta e a respetiva estratégia sem a dependência de uma geometria.

Este detalhe acaba por ser bastante importante uma vez que existem inúmeras geometrias que por vezes, diferem apenas ligeiramente. A respetiva identificação individual dos infinitos padrões de caixas passíveis de existir não é de todo um trabalho eficiente. Contudo, se fosse aplicado, tornaria possível identificar todas as silhuetas das caixas presentes numa placa de forma automática e posteriormente, atribuir uma sequência de maquinação previamente definida, independentemente da geometria que a compõe.

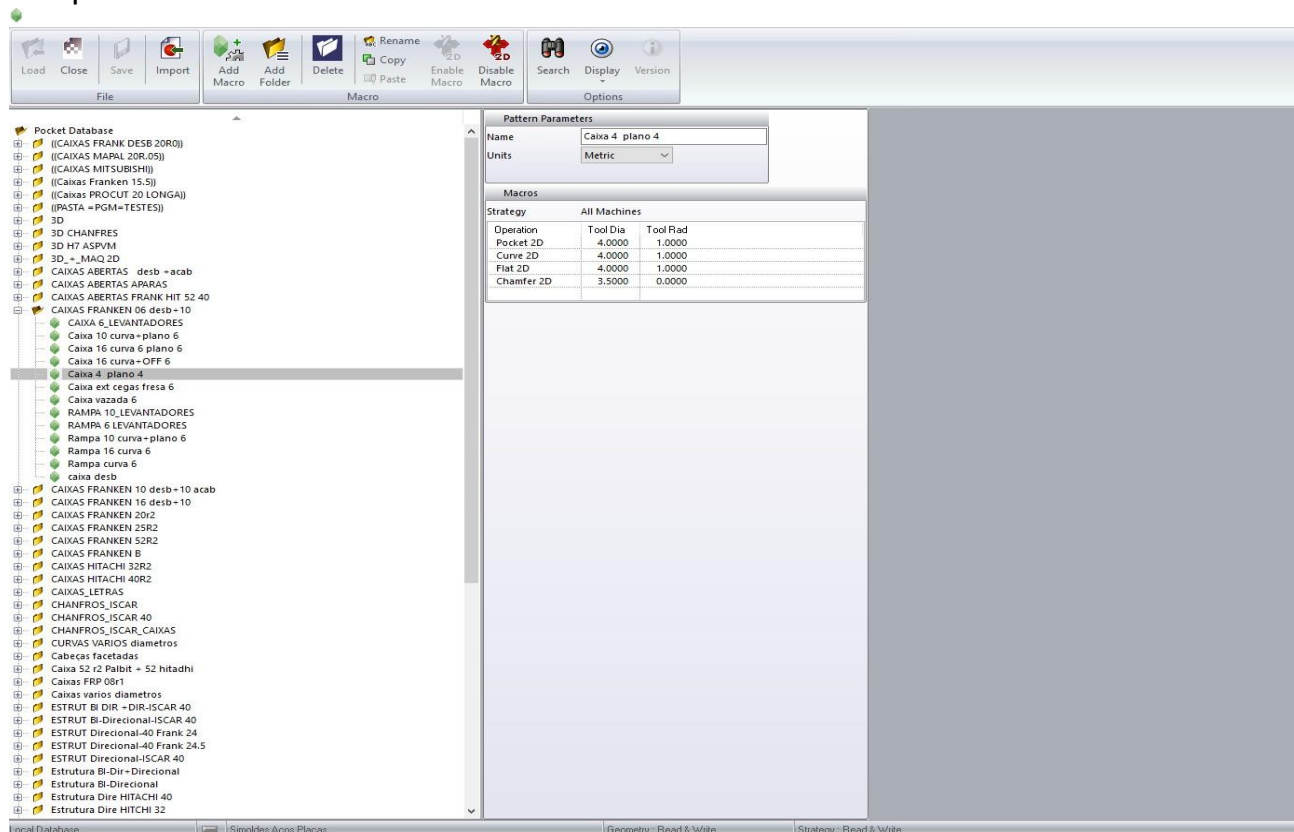


Figura 27 - Interface da Base de Dados de Caixas ou *Pockets*.

Após a deteção dos *pockets*/caixas numa determinada placa estrutural é complementarmente definida a sequência de maquinação a adotar nomeadamente, a montagem da respetiva ferramenta, a lista e parametrização das operações de maquinação e outros parâmetros como incrementos, entradas e saídas entre outros. Para tal, recorre-se a uma instância secundária ou um *template* que caracteriza a sub instância de automatismos.

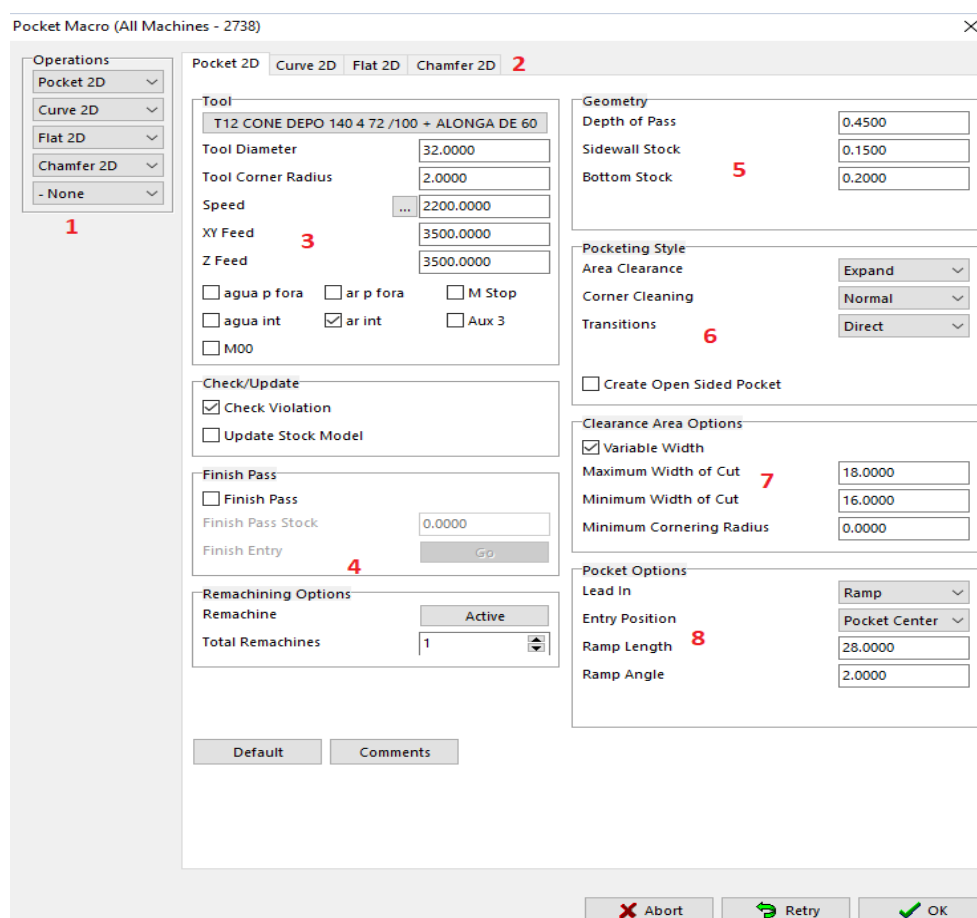


Figura 28 - Automatismo na Base de Dados de Caixas ou Pockets

A sub instância que permite criar automatismos de *pockets*/caixas está representada na figura 28. Esta é composta por oito menus cada um referente aos parâmetros de cada um dos automatismos criados e as respetivas restrições, nomeadamente:

1. Lista de Operações;
2. Abas de Parametrização das Operações geradas no automatismo;
3. Cone, Ferramenta e respetivos Parâmetros;
4. Definições de Operações adicionais complementares;
5. Incrementos axiais e Sobre Espessuras;
6. Parametrização da Operação;
7. Incremento radial e Raios de canto mínimos
8. Entradas e Saídas de Ferramenta

Relativamente ao **menu 1**, este é composto pelo conjunto das várias operações que possibilitam a criação de *pockets*/caixas. Estas operações vão influenciar diretamente as ferramentas de corte presentes no **menu 3**. Neste menu, para além da ferramenta e respetiva montagem estão também indexados os parâmetros relativamente ao tipo de arrefecimento que será utilizado para o automatismo criado.

As principais operações estão representadas na tabela 4.

Tabela 4- Automatismo de *pockets*/caixas - Principais menus de customização

Facemilling	Pocket 2D	Volumill 2D	Flat 2D
Curve 2D	Ramp 2D	Chanfer 2D	Z Cut Solid
Volumill 3D	Z cut Part	Lace Cut	

Outras instâncias presentes no *template* com grande importância são os menus 4, 5, 6 e 7. Relativamente ao **menu 4**, este inclui operações de maquinação complementares aquando da criação de *pockets*/caixas como a etapa de acabamento e/ou uma remaquinação com vista a obter as dimensões próximas da tolerância previamente definida.

Os **menus 5 e 7** vão de encontro aos parâmetros mencionados no capítulo A3 e estão diretamente relacionados com a ferramenta escolhida no **menu 3**. Por exemplo, o valor introduzido na opção “*Sidewall Stock*” relativo à altura da parede de um dado *pocket* terá de ter uma relação com o comprimento da ferramenta selecionada- L1 e L2.

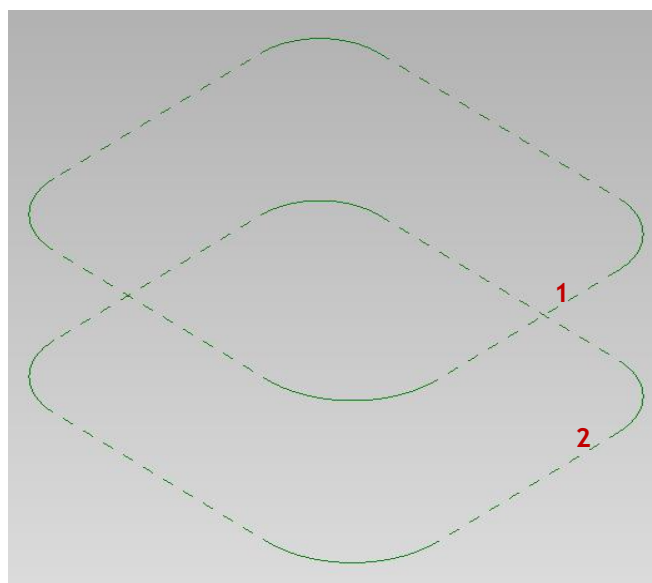


Figura 29 - Detecção dos segmentos de reta e raios de canto de um *pocket*/caixa

Na figura 29 assiste-se a um exemplo de um conjunto de segmentos de reta e raios de canto de um determinado *pocket* em que, através do **menu 3, 5 e 7** é possível criar um automatismo que permita maquinar o exemplo acima somente introduzindo os valores nas opções respetivas entre 1 e 2; para além das operações selecionadas no **menu 1**.

2.2.4 Automatismos

A base de dados de automatismos 3D corresponde à biblioteca de maquinações 3D, tais como desbastes e acabamentos. Este tipo de automação permite definir uma sequência de maquinação 3D a aplicar no modelo do respetivo componente a maquinar e dessa forma, automatizar e consequentemente reduzindo o tempo de preparação de trabalho [31].

C. TRABALHO REALIZADO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos, o trabalho realizado e os resultados obtidos nas várias etapas da dissertação. No capítulo das medidas implementadas define-se quais foram as alterações introduzidas no setor de estruturas mais especificamente, que mudanças existiram no software. Segue-se o capítulo dos parâmetros no qual são definidas as métricas utilizadas para avaliar a eficácia das implementações efetuadas e explorados os resultados obtidos em cada uma delas. Por fim é abordada a viabilidade da melhoria e quais as principais vantagens que esta teve para aumento de produtividade do setor comprovando se foi ou não uma otimização de valor.

1. Medidas Implementadas

1.1 Implementação das Geometrias

A primeira etapa da otimização do setor de estruturas incidiu na implementação das silhuetas - sequência de diâmetros - de todas as geometrias de furação existentes no Grupo mais especificamente, no setor de estruturas. Para isso, foi necessária a inquirição junto dos vários departamentos técnicos que disponibilizaram todos os modelos de geometrias utilizadas no setor, com todos os diâmetros associados - exemplo de um dos modelos fornecidos apresentado na figura 30. A primeira tarefa de otimização passou pela introdução em todas as geometrias das respetivas cores associadas, seguindo o código de cores *RGB* do Grupo - presente no Anexo C - na base de dados. A cada cor está indexada uma tolerância e um dado objetivo do padrão de furação. A adição desta métrica torna os automatismos criados mais fidedignos uma vez que cada cor estará associada a uma geometria - ou padrão de furação - e respetiva tolerância.

Foram integrados um total de 224 geometrias, de forma clara e organizada com a respetiva nomenclatura e cor. Os grupos de cada tipo de geometria existentes são:

- Anilhas de centragem;
- Apoios;
- Caixas de parafusos;
- Casquilhos com grampos;
- Casquilhos de extração;
- Cavilhas;
- Extratores;
- Furos roscados;
- Levantadores;
- Fastmill (sistema de fixação);
- Guias de extração;
- Pernos.

Foram corrigidos também os erros nas geometrias relativos ao sistema de medição recorrendo à uniformização de todas para o sistema métrico. A lista total das geometrias criadas e fornecidas podem ser encontradas no Anexo D.

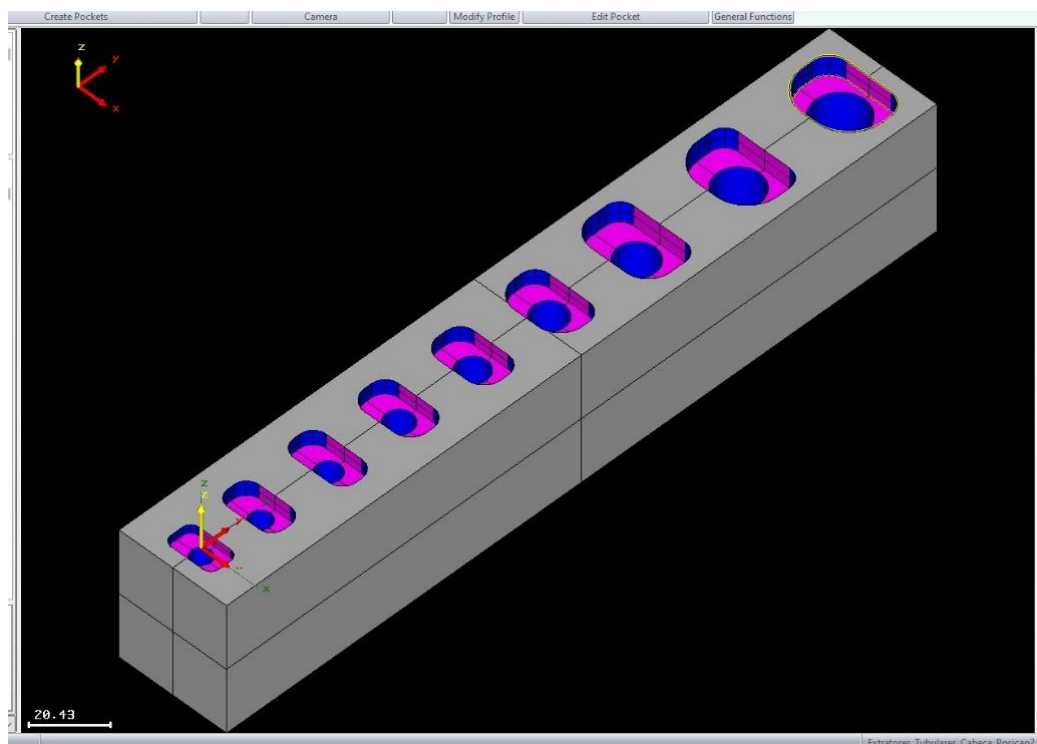


Figura 30 - Exemplo de um modelo de geometrias fornecida pelo departamento técnico da Simoldes

A integração de cores a todas as geometrias permitiu diferenciar cada tipo de padrão de furação mesmo para valores de círculos iguais. Enquanto que anteriormente, geometrias com o mesmo valor em milímetros de diâmetro eram aparentemente iguais, agora é facilmente perceptível que realmente são padrões de furação diferentes com as respectivas tolerâncias e parâmetros também distintos.

Na figura abaixo está presente, em contraste com a figura 23 apresentada no capítulo B 2.1, o furo cego e a cavilha já com a correta associação de cor.

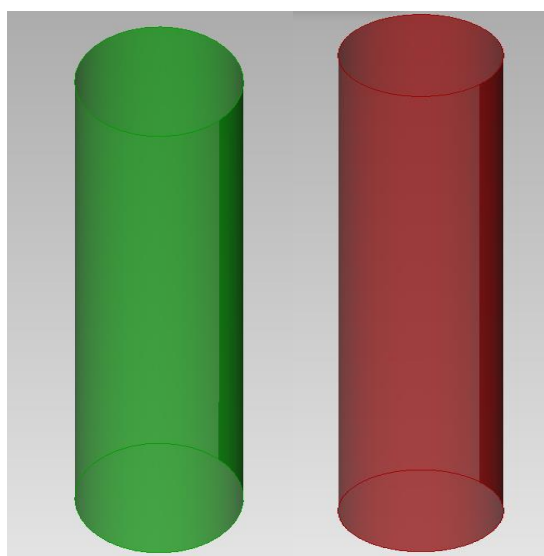


Figura 31 - Geometrias com associação de cores; furo roscado cego à esquerda e cavilha à direita

Após a integração de todas as geometrias na base de dados, foi necessária a introdução das estratégias de maquinação associadas a cada geometria com as respetivas restrições. As operações vão ser, obviamente, influenciadas pela geometria presente correspondente ao padrão de furação.

Primeiramente, foi efetuada a implementação na nova base de dados de todas as ferramentas de corte presentes e necessárias no setor mais concretamente as respetivas dimensões e os parâmetros que lhes estão associados. Esta etapa foi efetuada com relativa facilidade uma vez que todas as ferramentas de corte usadas já se encontravam presentes na base de dados em uso sendo somente necessário atualizar a nomenclatura que deixou de ter presente o nome do fabricante em detrimento do tipo de ferramenta como por exemplo - Fresas de Lâminas: D16, 2xD.

Já no que diz respeito aos cones e alongas, o problema identificado foi outro.

A grande dificuldade encontrada na implementação de cones e alongas nas assemblagens do RTM residiu no facto das montagens de ferramenta junto dos equipamentos CNC serem dinâmicas, isto é, uma ferramenta não está sempre montada no mesmo cone existindo certas circunstâncias devido a variados motivos a necessidade de diferentes ferramentas de corte trabalharem com um conjunto de cones e alongas também diferentes. A solução nunca poderá ser perfeita uma vez que o próprio utilizador de RTM do departamento CAM não saberá que montagem é que o operador de máquina presente no setor terá disponível, por isso, ter todas as assemblagens possíveis de serem feitas pelos operadores presentes na BD de ferramentas não é uma solução viável - iria ocupar imenso espaço e ficar muito confuso, não representando uma otimização de valor. A solução encontrada passou por dividir os cones pelos diferentes tipos de aperto presentes e modelar cada um destes tipos, pelo cone de maior diâmetro presente no setor- figura 34 [26, 31].

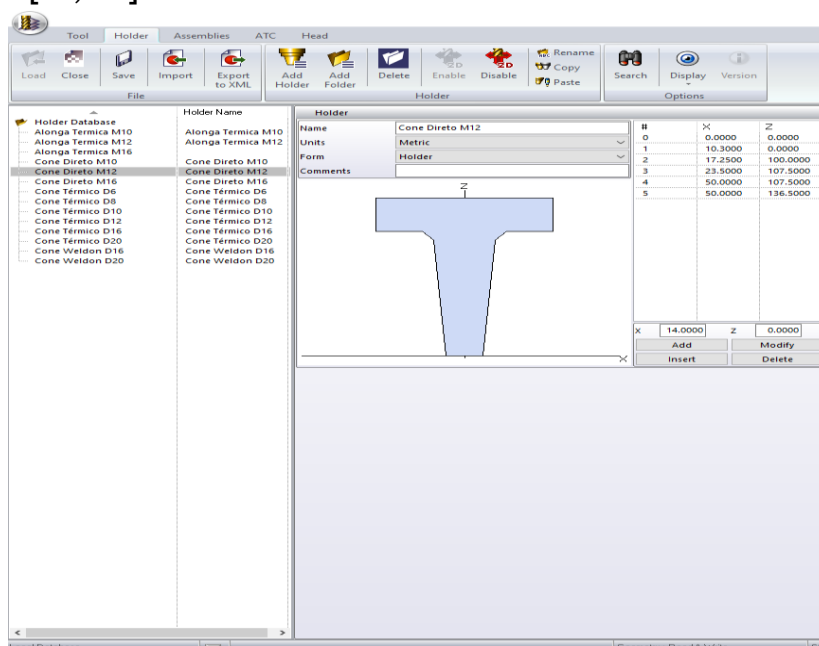


Figura 34 - Base de Dados de Ferramenta; Geometria de um cone

Desta forma, o utilizador apenas terá de corresponder a ferramenta que irá utilizar ao tipo de cone em que a mesma pode ser apertada. Esta medida é muito importante porque, apesar de não gerar uma maior produtividade, origina uma maior segurança nos percursos de maquinação criados diminuindo, por conseguinte, colisões que poderão levar, como foi anteriormente dito, a não conformidades ou a um aumento dos custos de produção por parte da empresa na reposição de cones, alongas e ferramentas de corte que ao colidirem com a placa estrutural a maquinar, partem.

1.3 Melhoria da Base de Dados dos Padrões de Furação

A atualização das geometrias de furação - ou padrões de furação- na base de dados permitiu automatizar e reduzir o tempo de preparação de trabalho antes da respetiva maquinação. Em cada padrão de furação está definida a respetiva sequência de maquinação a adotar. Atualmente cada sequência de comandos automática ou *macro* é efetuada individualmente e, em muitos casos, é relativa à mesma geometria, mas somente repetida e noutros, equivale até à mesma geometria variando somente as ferramentas de corte utilizadas. As condições de maquinação são definidas pelo utilizador à priori seguindo-se depois a respetiva maquinação. Quando se pretende, por exemplo, efetuar um furo roscado vazado - ou passante -, pode ser necessário existir uma sequência de maquinação diferente comparativamente a um furo roscado não vazado - ou cego - apesar de em termos geométricos, serem semelhantes. Convém lembrar que os padrões de furação que correspondem às geometrias são caracterizados pelo número de círculos que os constituem e no caso de um furo vazado ou cego com o mesmo diâmetro e profundidade o número de círculos é exatamente o mesmo.

Com recurso às ferramentas de automação que permitem criar *macros* e que estão presentes no software - RTM - é possível aplicar um grande leque de condições, operações de maquinação e ferramentas de corte às mesmas geometrias. Isto elimina a necessidade de individualizar cada operação e cada ferramenta para geometrias do mesmo grupo, mas com cotas geométricas diferentes. Desta forma é possível aplicar o mesmo tipo de automatismo para o exemplo dado anteriormente dos furos roscados uma vez que foram introduzidas condições que abrangem qualquer um dos casos. A interface da sub instância que permite criar os automatismos está representada abaixo pela figura 35.

#	Z	Diameter
1	0.0000	19.0000
2	-5.6560	19.0000
3	-5.6560	15.2500
4	-27.6560	15.2500
5	-27.6560	8.0130
6	-60.8560	8.0000

Figura 35 - Automatismo na Base de Dados de Padrões de furação - Principais menus de customização

Esta sub instância ou *template* está dividido em sete menus principais relativos ao automatismo criado, nomeadamente:

1. Lista de Operações;
2. Abas de Parametrização das Operações geradas no automatismo;
3. Cone, Ferramenta e respetivos Parâmetros;
4. Refrigeração da Ferramenta;
5. Condições da Operação;
6. Definição da Maquinação a realizar;
7. Caracterização dos círculos do padrão de furação: *display* gráfico, diâmetros e profundidade

No que diz respeito ao **menu 1**, este é referente às diferentes operações de maquinaria que irão ser efetuadas aquando da deteção de um padrão de furação pelo *software*. As operações de cada padrão de furação foram definidas em conjunto com os operadores do setor de estruturas e com um responsável do departamento de M&P de forma a garantir que a nova base de dados não apresentasse erros que comprometessem a integridade e bom funcionamento do setor. Cada operação tem associados parâmetros de ferramentas de corte, refrigerantes, condições, entre outros.

As opções presentes de maquinaria estão presentes na tabela 5.

Tabela 5 - Automatismo de furação - Principais Operações

Center	Drill	Chip	Peck
Gundrill	Crossdrill	C/Bore	Helicoidal
Curve 2D	Chanfer 2D	Countersink	Boring
Ream	Tap	Thread	GPilot
Fastdrill			

Outro menu relevante é o **menu 5** relativo às condições de operação. Depois de escolher a condição é possível definir um conjunto de variáveis que a operação selecionada seguirá sempre que a geometria encontrada apareça. Por exemplo, a operação helicoidal representada na figura 35 será aplicada sempre - selecionada a opção "*Operation Status: Always*" - que a distância entre os círculos A e B esteja compreendida entre 0 e 20mm, distância esta relativa à profundidade entre os círculos do padrão de furação.

As principais opções deste menu são:

Tabela 6 - Automatismo de furação - Principais Condições

Always	Inclined Only
Straight Only	Blind Only
Through Only	Deactivate

Isto permite unificar todos os automatismos possíveis para determinado padrão de furação uma vez que podem ser adaptadas condições especiais consoante o tipo de padrão ou geometria presente. No exemplo do furo roscado vazado ou não vazado, uma vez que ambos apresentam o mesmo número de círculos, é agora possível criar, dentro do mesmo *template*, duas operações *drill* - que aparecerão no **menu 2** - onde uma apresenta a condição *Straight Only* relativa ao furo vazado e outra apresenta a condição *Blind Only* relativa ao furo cego.

A *macro* criada substituiu assim dois automatismos por apenas um relativo a um furo roscado em que a distancia entre círculos é exatamente a mesma. Através do **menu 6** é possível ainda definir, por exemplo, a profundidade entre círculos, a compensação da ferramenta, a que altura é que o avanço de corte iniciará, entre outros. Isto aumenta o leque de padrões de furação em que este automatismo se enquadra uma vez que um furo roscado, pode ser vazado ou cego e a distância entre círculos pode variar: pode ser um furo vazado com 30mm, um furo vazado de 5mm, um furo cego de 25mm, um furo cego de 40mm. Em termos práticos, valores individuais não tem relevância.

Basta definir um intervalo de valores em que seja possível maquinar determinado padrão - entre 1mm e 60mm - e incluir esses valores num automatismo que a partir do momento em que é criado, desde que determinada geometria referente a um padrão de furação se encontre entre esse intervalo, a maquinação vai ser efetuada e automaticamente. O **menu 3** relativo à ferramenta e respetiva montagem permite selecionar não só várias ferramentas de corte para a mesma geometria consoante a operação como também, várias ferramentas de corte para o mesmo grupo de padrão de furação. A maquinação é automática e sempre com a ferramenta e montagem certa para determinada operação sendo especifica para cada automatismo criado.

Desta forma, a *macro* criada para o exemplo do furo roscado não substituiu somente dois automatismos, mas sim quatro, cinco ou seis. Através desta implementação deixam de haver automatismos diferentes para a mesma geometria e passa apenas a existir um.

A deteção dos padrões continua a ser automática e os *inputs* manuais perdem relevância uma vez que deixa de ser necessária a escolha individual da estratégia de maquinação a aplicar consoante os padrões de furação que aparecem aquando da importação de um modelo CAM de uma placa estrutural.

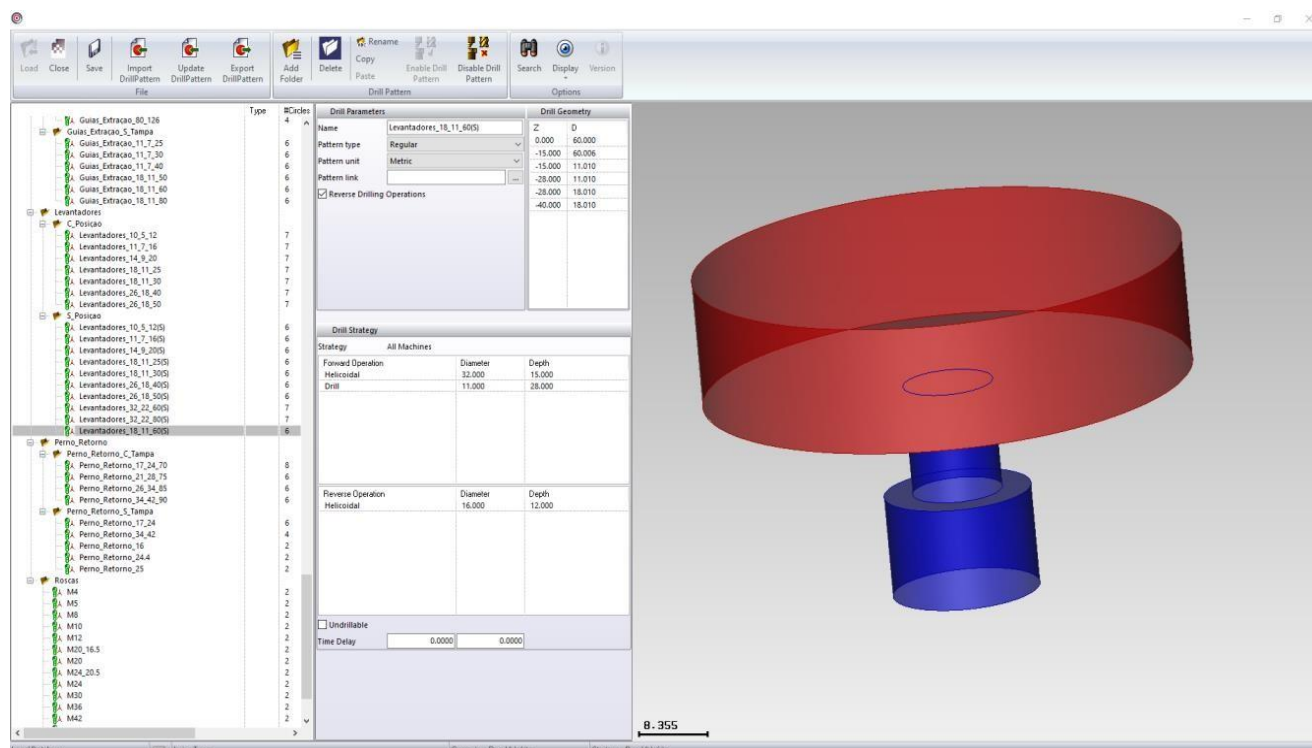


Figura 36 - Geometria na Base de Dados de Padrões de Furação com o automatismo criado

O resultado desta remodelação originou uma grande redução do tempo despendido na preparação de trabalho. Isto foi alcançado porque, assim que o operador importa um modelo de uma placa estrutural, a deteção dos padrões de furação é automática e está à distância de um clique devido ao facto de já não existirem padrões de furação repetidos. Adicionalmente, a criação e associação dos respetivos percursos estão à distância de um segundo clique devido ao facto de cada padrão estar subdividido nas restrições e condições necessárias à sua realização. Na figura 36 está exemplificado uma geometria - levantador s posição - com as respetivas operações associadas ao automatismo criado bem como do lado esquerdo, os automatismos criados para todos os padrões de furação existentes.

A base de dados desenvolvida ficou assim mais pequena, simples e intuitiva propensa a menos erros originando consequentemente um setor de estruturas com uma capacidade produtiva maior, capaz de dar resposta ao volume de trabalho atualmente presente.

De forma a garantir a integridade dos automatismos criados, será abordado mais à frente, propostas futuras que irão assistir na manutenção da base de dados e promover potenciais alterações e/ou correções que possam existir.

2. Indicadores utilizados para Avaliar a Eficácia das melhorias implementadas

No que toca aos indicadores utilizados para avaliar as medidas implementadas foram utilizadas três principais métricas. Primeiramente, foi feita uma preparação de trabalho em 20 placas estruturais de diferentes dimensões e com um número variado de padrões de furação. A preparação, recorreu à base de dados antiga e à base de dados desenvolvida ou otimizada retirando os tempos que demorou utilizando cada uma delas com recurso a um cronómetro. De seguida, foi retirado o valor em kilobytes (KB) de ambas as bases de dados o que permitiu concatenar a simplicidade da base de dados desenvolvida sem comprometer informação essencial em comparação com a utilizada anteriormente. Por fim, procedeu-se ao estudo das não conformidades do setor que maioritariamente advém de erros humanos durante a preparação de trabalho. Os valores obtidos nesta última métrica permitem comprovar a importância da criação de automatismos e como o seu uso previne erros crassos.

2.1 Tempo médio de preparação

Relativamente aos tempos de preparação de estratégias de furação, foram então feitas medições em 20 modelos de diferentes placas estruturais, com um preparador de trabalho experiente do setor, utilizando a base de dados antiga e a base de dados otimizada. Os dados obtidos estão representados na seguinte figura:

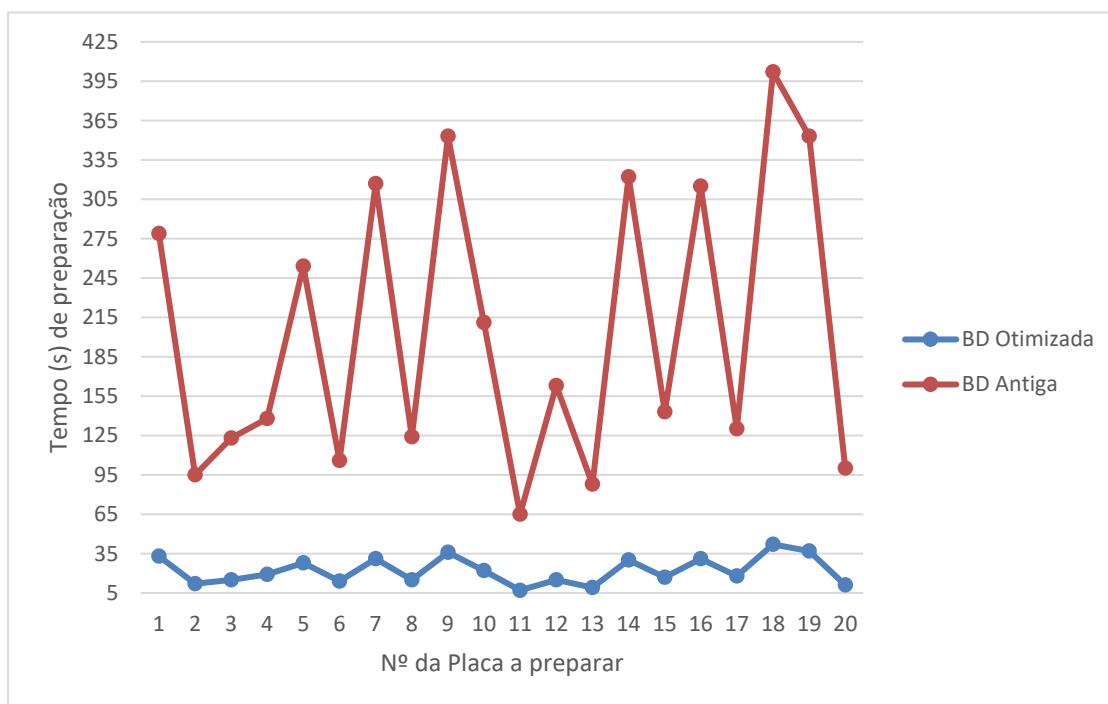


Figura 37 - Comparação dos Tempos de Preparação das Placas Estruturais em segundos; BD antiga vs BD Otimizada

Na base de dados antiga, existia uma clara distinção entre placas estruturais com um maior número de operações representadas na figura 37 pelo maior tempo de preparação e placas mais simples e com menos operações, que envolviam um menor tempo de preparação - por exemplo, placa número 1 e número 2.

Para além de haver uma grande diferença de tempo dependendo do tamanho e/ou complexidade da placa, não era também possível haver um correto planeamento de produção uma vez que a preparação de cada placa dependia fortemente no número de operações presentes para a respetiva maquinação bem como, da experiência profissional do operador presente.

Como é perceptível, os automatismos originam, para além de uma preparação mais rápida, uma preparação mais uniforme uma vez que se tornam praticamente automáticos. Traduzindo, a preparação de trabalho deixa de depender do tempo que cada operador despende em cada placa estrutural e passa a depender da rapidez de processamento do computador. O número de padrões que aparecem nunca irá variar muito pelo que, tenha 5 ou 500 padrões de furação a preparação será sempre similar. O trabalho iniciar-se-á então, como foi dito anteriormente, com recurso a apenas dois cliques no rato do computador; um primeiro clique onde o software deteta todos os padrões de furação presentes; e um segundo clique para determinar e aplicar as operações e condições associadas a cada padrão de furação definidas na macro desenvolvida.

Calculando a média do tempo despendido na preparação dos percursos de maquinação das 20 placas estruturais utilizadas para avaliar a criação das bases de dados desenvolvidas, denota-se uma enorme redução - cerca de 182s ou 3 minutos a menos por modelo. Esse valor representa uma redução em valores percentuais de cerca de 89% do tempo necessário para a preparação CAM deste tipo de componente. Em termos produtivos é uma melhoria excelente uma vez que, quanto menor for o tempo necessário para preparar a estratégia de furação em cada placa estrutural, maior capacidade produtiva ganha o setor para dar vazão ao aumento no número destes componentes que se fez sentir pós pandemia. Atualmente, o setor produz cerca de dez placas estruturais por dia e com recurso à nova base de dados desenvolvida, a janela produtiva aumenta em cerca de 30 minutos tornando possível a maquinação de mais placas estruturais durante o mesmo tempo. A tabela abaixo representa a média do tempo de preparação entre a base de dados antiga e base de dados otimizada e, o diferencial em segundos e percentagem entre as duas.

Tabela 7 - Média em segundos do tempo de preparação das estratégias de furação e diferencial

	BD Antiga	BD Otimizada	Diferencial
Tempo	204 s	22 s	-182 s (-89%)

2.2 Tamanho da Base de Dados

O segundo indicador que permitiu avaliar a eficácia da otimização aplicada foi o tamanho da base de dados em KB. Os valores foram retirados através das definições do software onde está presente um menu com o tamanho total em KB das bases de dados. Apesar de à primeira vista não parecer uma métrica relevante, na verdade permite tecer considerações relativamente à quantidade de informação que estava presente em ambas as base de dados e quanta é que foi eliminada. Os automatismos criados permitiram eliminar outros automatismos redundantes e assim, reduzir automatismos repetidos e automatismos relativos ao mesmo grupo de padrões de furação. Pela análise do gráfico presente na figura 38 é perceptível essa diferença.

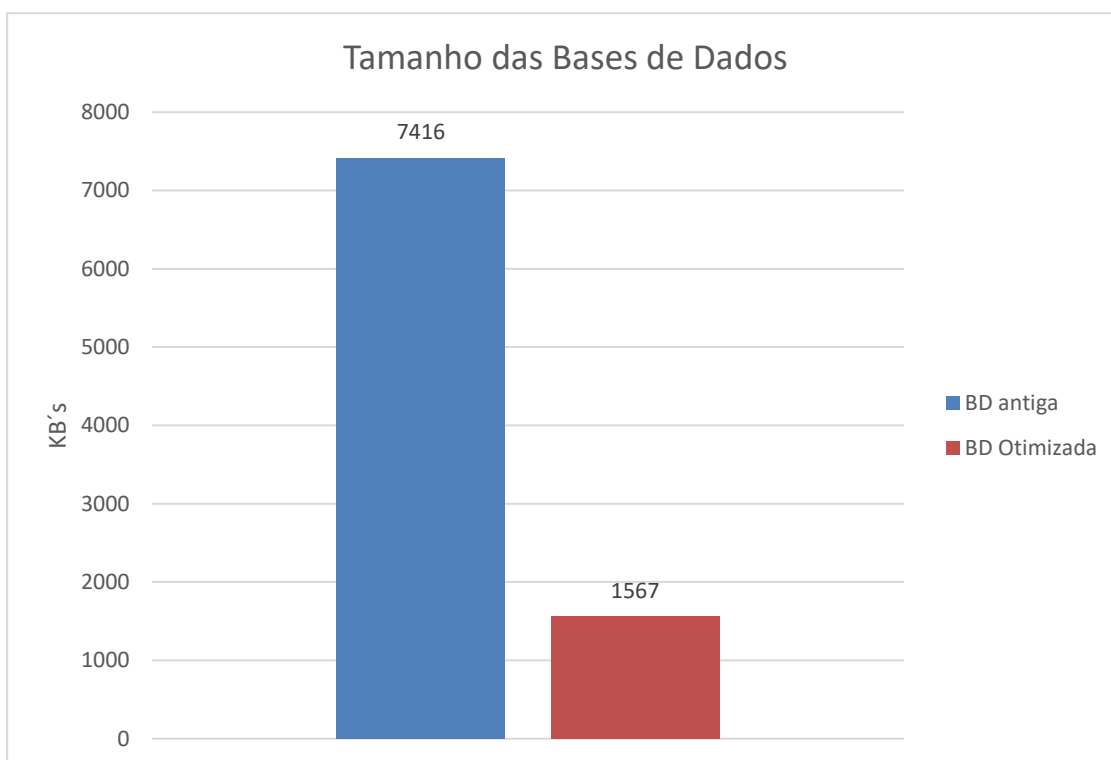


Figura 38 - Comparação do Tamanho das Bases de Dados em KB; Antiga vs Otimizada

Em termos de valores do tamanho das bases de dados em KB, a base de dados antiga apresentava cerca de 7416 KB. Já a base de dados desenvolvida e otimizada apresenta cerca de 1567 KB, o que se traduz em menos 5849 KB. Isto corresponde a uma redução de cerca de 79 % do tamanho total da base de dados. A comparação do tamanho da BD antiga e atual, permite ter noção do quão desorganizada estava a base de dados em uso no setor de estruturas e a quantidade de informação repetida e desnecessária que estava presente corroborando a rapidez que se assiste aquando da preparação de maquinação. Uma BD com menos KB traduz-se numa interface mais intuitiva, mais fácil de ser operada e em menos tempo gasto a fazer montagens personalizadas de pelos diferentes colaboradores da Simoldes que trabalham diariamente no setor.

2.3 Não Conformidades

O número de não conformidades foi adquirido através do contacto com o departamento de segurança e higiene no trabalho que forneceu os dados relativos ao ano passado, 2021 e os dados até ao presente ano, 2022. A tabela fornecida contém os dados específicos de cada empresa e de cada setor permitindo obter valores realistas e detalhados. As principais causas das não conformidades do setor de estruturas são a quebra das ferramentas, a quebra da estrutura de fixação e defeitos que advém de uma maquinação desadequada.

Como seria de esperar, durante o ano de 2021 o Grupo Simoldes assistiu a um abrandamento da produção devido à pandemia, portanto, o número de não conformidades existentes no setor não foram extremamente. No ano de 2022, até ao momento, se mantém abaixo do respetivo número relativo ao ano anterior apesar de existir um maior número de estruturas produzidas. Infelizmente, o estágio profissional não teve duração suficiente para verificar já com 100% de confiança a eficácia da ação, no entanto, até ao final do ano a empresa poderá constatar a diminuição das não conformidades relativas à melhoria resultante da implementação das geometrias, dos automatismos, dos cones e das alongas uma vez que, a introdução destes parâmetros resultará num menor número de erros humanos devido ao facto da seleção de operações e do *assembly* das ferramentas de corte recorrerem a automatismos e não a um *inputs* manuais.

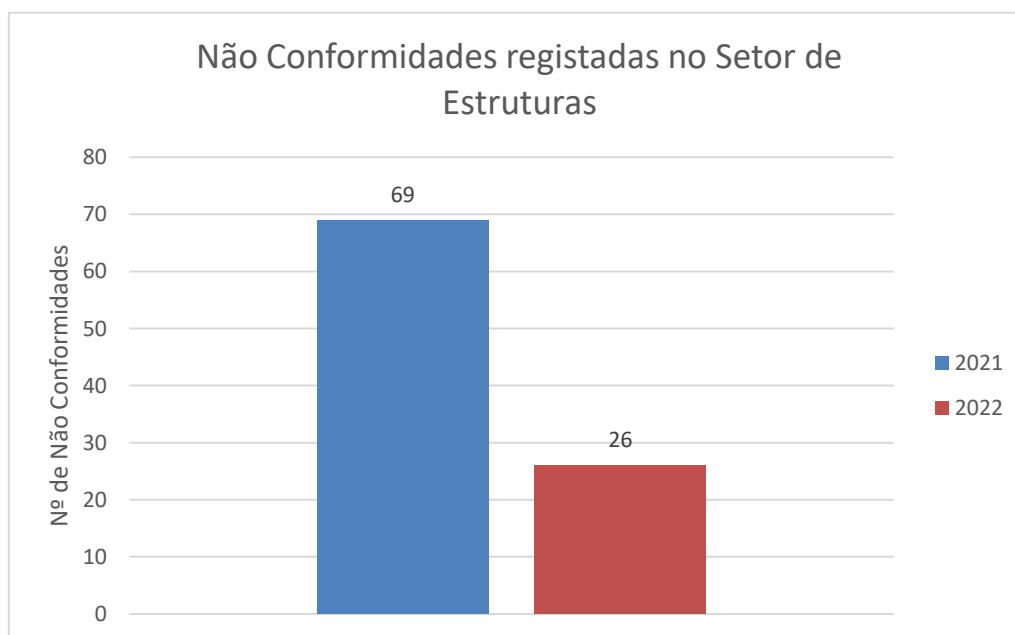


Figura 39 - Número de Não Conformidades registadas no Setor de Estruturas; 2021 vs 2022

D. CONCLUSÕES FINAIS

Em suma, o projeto desenvolvido e aplicado no setor de estruturas para a otimização do processo produtivo deste tipo de componentes obteve resultados positivos nas várias instâncias e etapas do seu processo.

A preparação das estratégias de furação apresentou uma diminuição de tempo clara, com um valor percentual de redução média de 89%. Já o tamanho da respetiva base de dados sofreu uma redução significativa - 5849 KB - sem eliminar parâmetros e condições fundamentais para a fabricação de placas estruturais do setor. Esta redução traduziu-se num valor percentual de 79% comparativamente ao tamanho previamente encontrado. A diminuição da base de dados não representa uma redução no que diz respeito à memória presente no servidor, mas permite sim, comparar a quantidade de informação desnecessária que estava presente na BD antiga e como a otimizada a eliminou.

No que diz respeito aos automatismos criados e à automatização da montagem de ferramentas, apesar do tempo limitado de estágio, é esperado que resulte num menor número de não conformidades, sendo estas diretamente influenciadas pelo erro humano associado que agora, deixa de existir.

Seria também interessante, estender a base de dados criada a outros setores do grupo Simoldes e não a limitar somente ao setor de placas da Simoldes Aços. Todos os setores que tenham estruturas 2D ou até mesmo 3D e que utilizem o RTM *da Lemoine Technologies* como software prioritário, poderão usufruir da base de dados criada sendo apenas necessário um ajuste no que diz respeito à correta medição das geometrias e ferramentas de corte em falta e adaptá-las consoante o setor onde se inserem. Para além disso, a atualização da base de dados da maquinaria de caixas com a respetiva associação de geometrias aos automatismos já existentes, complementaria também o trabalho desenvolvido e maximizaria a otimização da preparação de trabalho envolvido na maquinaria de estruturas. Seria igualmente relevante, continuar a monitorizar os dados das não conformidades calculando com maior precisão a respetiva percentagem de redução do tempo de preparação despendido em cada placa estrutural produzida, de forma a cimentar as otimizações implementadas.

1. Propostas de trabalhos futuros

A metodologia adotada no presente trabalho, revela grande potencial para continuar a ser explorada. Por esta razão e com vista a manter a base de dados desenvolvida intacta e preservar a respetiva integração criada, seria interessante futuramente alterar as permissões fornecidas aos respetivos operadores no setor das estruturas. De momento, é possível estes adicionarem novos automatismos à medida que as necessidades vão aparecendo - como por exemplo com o aparecimento de uma geometria que não está incluída na BD - resultando numa alteração desnecessária criando confusão e consequentemente, uma base de dados mais propensa a erros. A alteração desta definição permite que a manutenção da base de dados não seja tão constante o que traduz a implementação desenvolvida numa mais duradoura e estável.

Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION

Para contrariar este tipo de alteração inesperada à base de dados, caso os operadores precisassem de integrar um novo automatismo associado a uma determinada geometria, seria criado um *ticket* com o respetivo problema e, posteriormente, caso fosse necessário, a equipa de M&P e/ou a equipa de Projeto poderiam adicionar a alteração proposta devidamente parametrizada e com os automatismos corretos na BD.

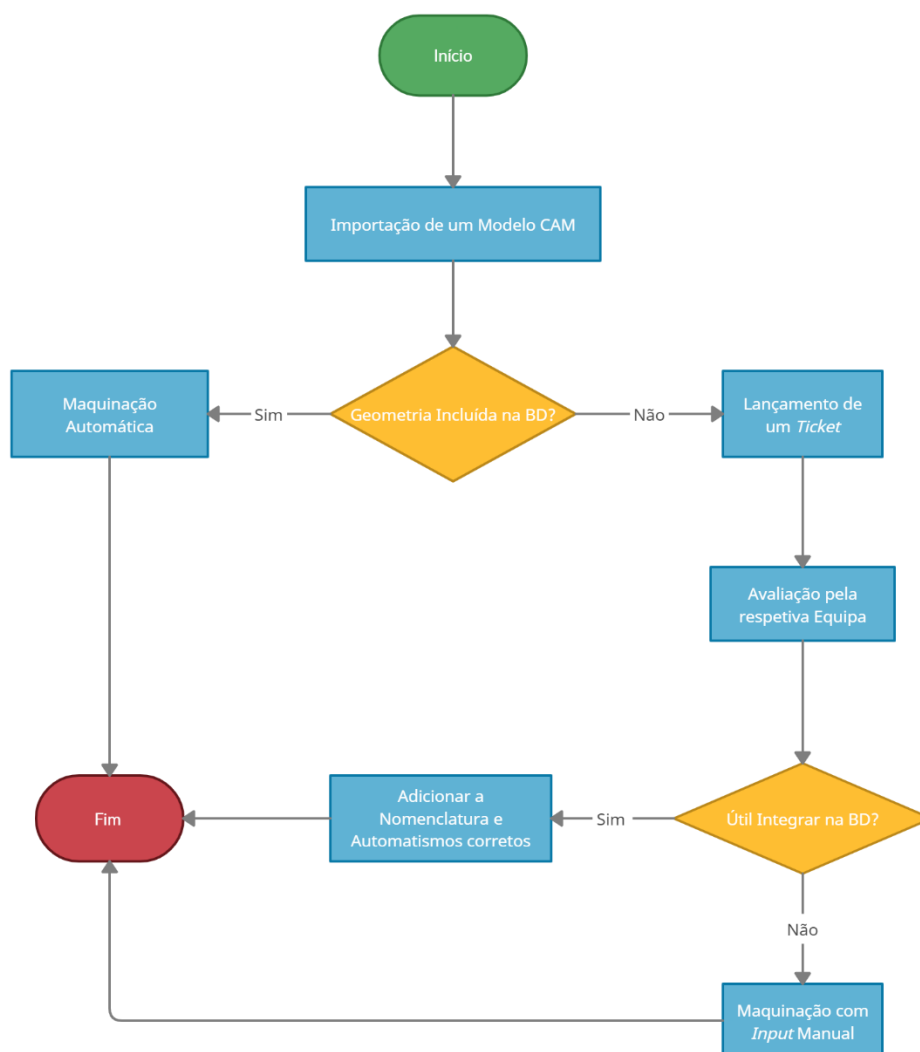


Figura 40 - Fluxograma representativo do procedimento adotado após alteração das permissões dos operadores relativamente à Base de Dados no RTM.

Para além disso, esta alteração reduziria as não conformidades do setor e ajudaria a perceber qual o fundamento real por detrás do atraso e/ou dos erros envolvidos na preparação das placas estruturais uma vez que o aparecimento de uma geometria não presente na BD seria analisada por uma equipa qualificada para o trabalho. Isso proporciona um ambiente de trabalho mais justo, seguro e numa consequente diminuição de falhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

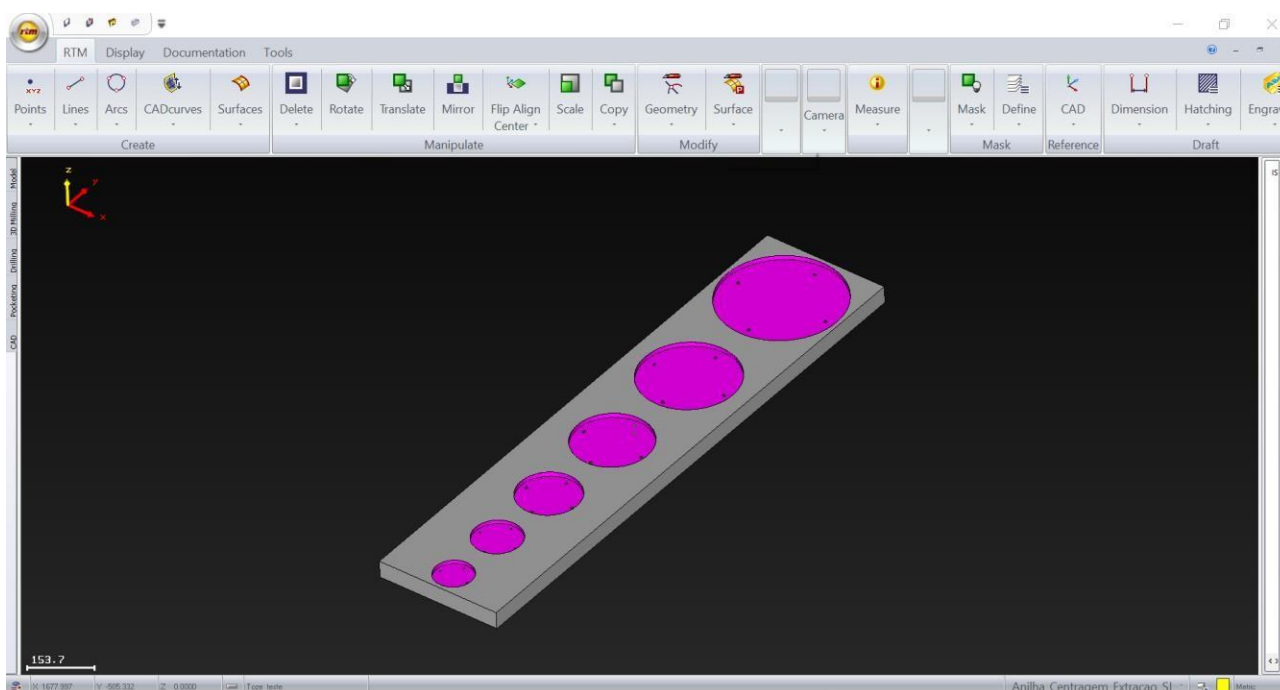
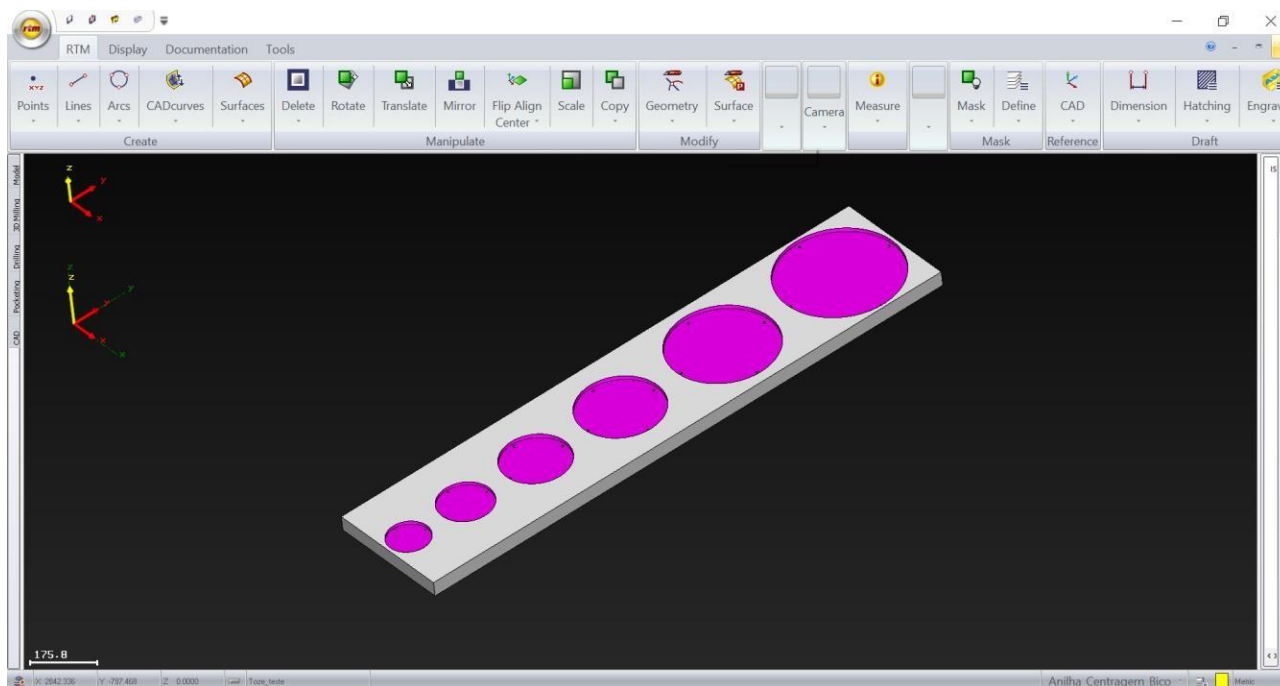
- [1] Cefamol, “Indústria Portuguesa de Moldes Relatório de 2021,” 2022.
- [2] A. Larguesa, “António da Silva Rodrigues: O humilde de Azeméis que ‘molda’ automóveis,” 2018. P. Martins, *Desenho e Projeto de Moldes*. FCA, 2019.
- [3] “Simoldes,” 2022. [Online]. Available: <http://www.simoldes.com>. [Accessed: 23- Mai-2022].
- [4] P. Martins, *Desenho e Projeto de Moldes*. FCA, 2019.
- [5] Bralla, James G. (2007). *Handbook of Manufacturing Processes - How Products, Components and Materials are Made - 4.C5 Two-Color Injection Molding*. Industrial Press [Online]. Available:
- [6] P. Jones, *Mould design guide*. 2015.
- [7] P. Molding. “What cold runner looks like?” <https://www.plastopialtd.com/cold-runner/> (accessed 17/08/2022).
- [8] Campo, E. Alfredo. (2006). *Complete Part Design Handbook - For Injection Molding of Thermoplastics - 10.14.1 Mold Cold Runner System*. Hanser Publishers
- [9] D. Rosato, D. Rosato, and M. Rosato, *In Injection Molding Handbook*, 3rd ed. New York: Kluwer Academic Publishers in 2000 2000
- [10] “Types of injection Molds”, SMLease Design ; [Online]. Available: <https://www.smlase.com/entries/plastic-design/types-of-injection-molds/>
- [11] ASM International Handbook Committee. (1989). *ASM Handbook, Volume 16 - Machining*. ASM International.
- [12] G. Singh and A. Verma, “A Brief Review on injection moulding manufacturing process,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 2, Part A, pp. 1423-1433, 2017
- [13] Nickel Institute. (2020). *Stainless Steels for Machining - A Designers' Handbook Series No 9011*. Nickel Institute
- [14] “Ramada Aços, Aços para Moldes de Injeção de Plástico”, [Online]. Available: <https://www.ramada.pt/pt/produtos/acos/acos-para-moldes.html>
- [15] S. Steel. “Mould Steel Selection Guide.” <https://steelpurchase.com/about-mold-steel/> (accessed 12/08/2022)
- [16] “Moldino-Solid Carbide ppt”, Tool Composition
- [17] R.KERKSTRA, “TOOLONG: How to select the right Tool Steel for Mold Cavities”, Plastic technology, 2016
- [18] “Sandvik Coromant.” [Online]. Available: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/pages/default.aspx>
- [19] N. C. Fei, N. M. Mehat, and S. Kamaruddin, “Practical Applications of Taguchi Method for Optimization of Processing Parameters for Plastic Injection Moulding: A Retrospective Review” , Knovel
- [20] “Parâmetros Usados no Grupo Simoldes, Equipa de Métodos e Processos”, 2021

- [21] Davis, J. R. (1995). *ASM Specialty Handbook Tool Materials*. ASM (accessed 12/08/2022)
- [22] “MANUFACTURING ENGINEERING AND TECHNOLOGY” sixth edition in SI units; Serope Kalpajian, *Illinois Institute of Technology*; Steven R.Schmid, *The University of Notre Dame*; Hamidon Musa, *Universitii Teknologi Malasya*”
- [23] Heaney, Donald F. (2019). *Handbook of Metal Injection Molding (2nd Edition) - 6.2.1 Conventional Injection Molding Machines*. Elsevier
- [24] Evans, Ken. (2016). *Programming of CNC Machines (4th Edition)*. Industrial Press. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpPCNCME13/programming-cnc-machines/programming-cnc-machines>
- [25] Kandray, Daniel E. (2010). *Programmable Automation Technologies - An Introduction to CNC, Robotics and PLCs*. Industrial Press/(accessed 05/08/2022)
- [26] Harris, David Money Harris, Sarah L. (2007). *Digital Design and Computer Architecture-Computer-Aided Design Software* Elsevier.(accessed 05/08/2022)
- [27] Pramanik, Alokesh. (2022). *Machining and Tribology - Processes, Surfaces, Coolants, and Modeling*. Elsevier
- [28] DEGARMOS´S, MATERIALS AND PROCESSES IN MANUFACTURING; eleventh edition; J.T. Black; Ronald A.Kohser
- [29] C. Relvas, *Controlo Numérico Computorizado: Conceitos Fundamentais - 4ªEdição*, 2018
- [30] Kulkarni, Suhas. (2010). *Robust Process Development and Scientific Molding - Theory and Practice*. Hanser Publishers.
- [31] “RTM 7.0, User´s Manual”, Lemoine Multinational Technologies Inc.

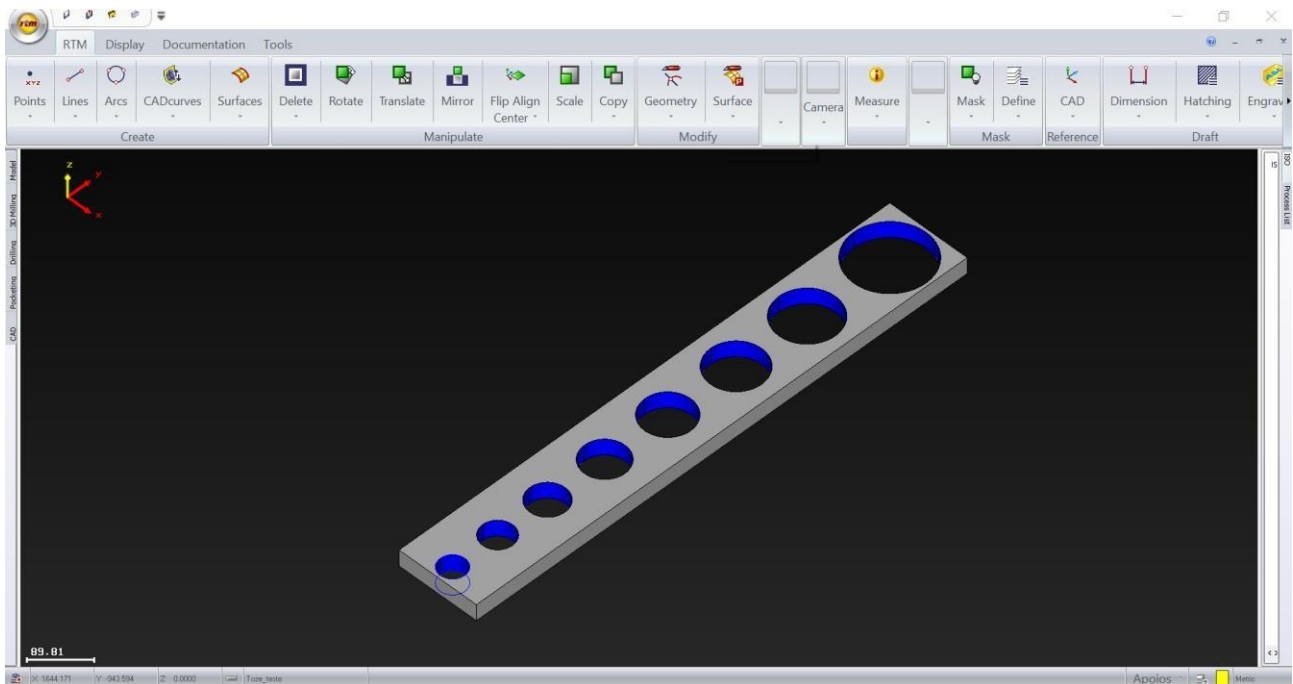
ANEXOS

Anexo A - Geometrias Fornecidas Pelo Departamento Técnico da Simoldes *Tools*

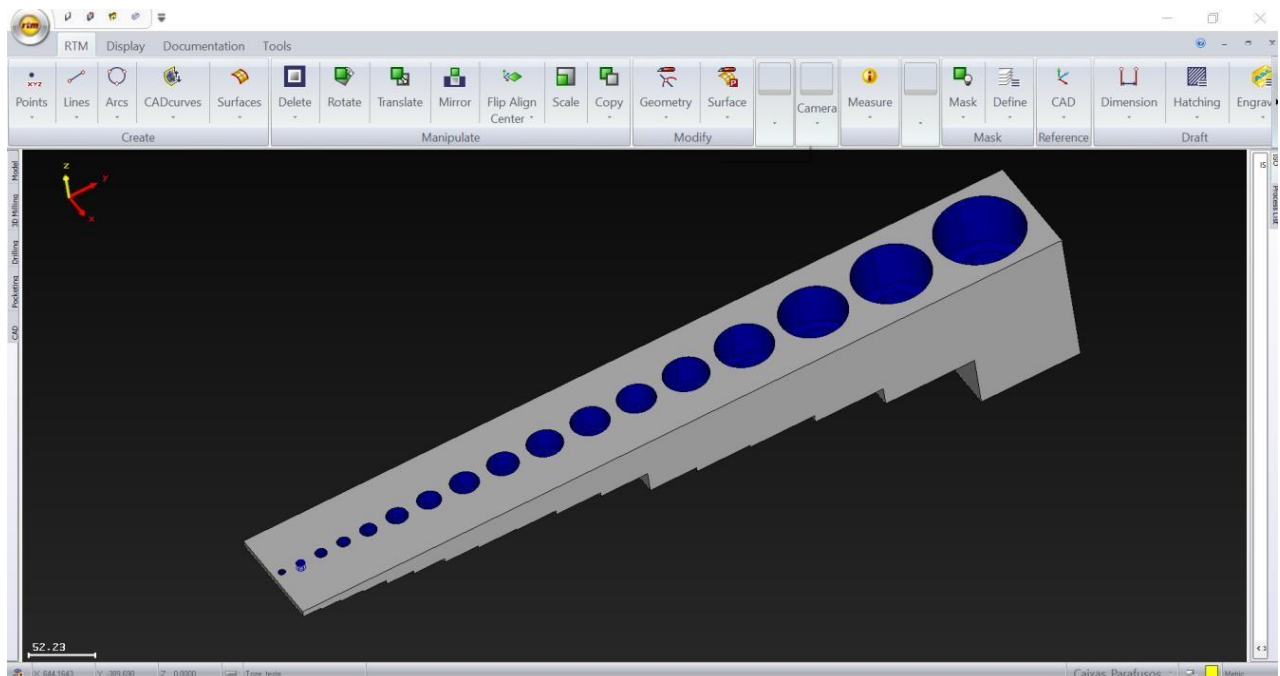
1. Anilhas de Centragem



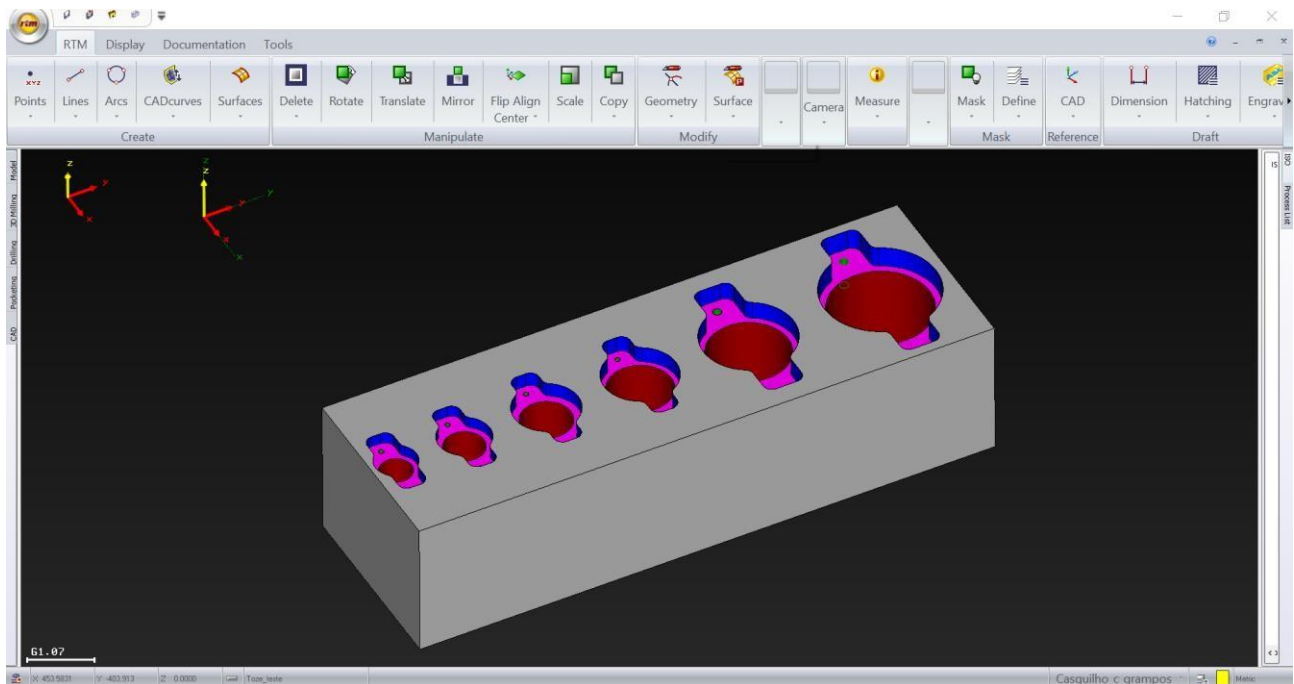
2. Apoios



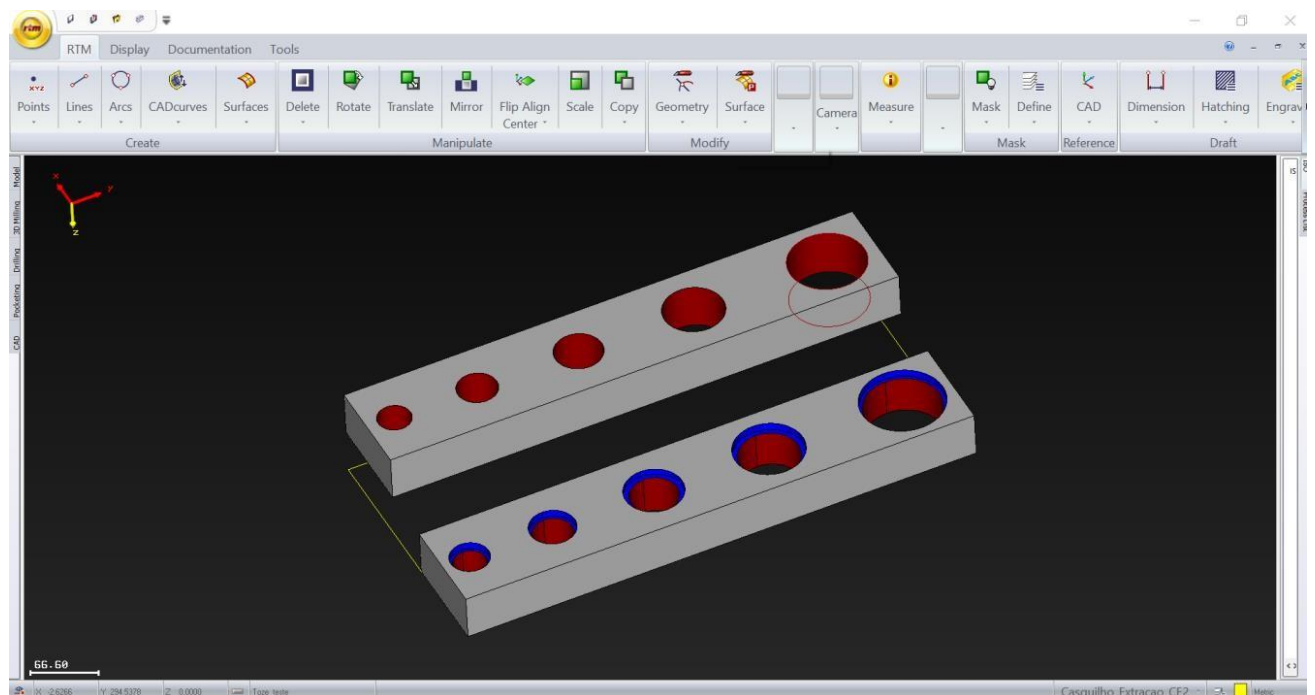
3. Caixas de Parafusos



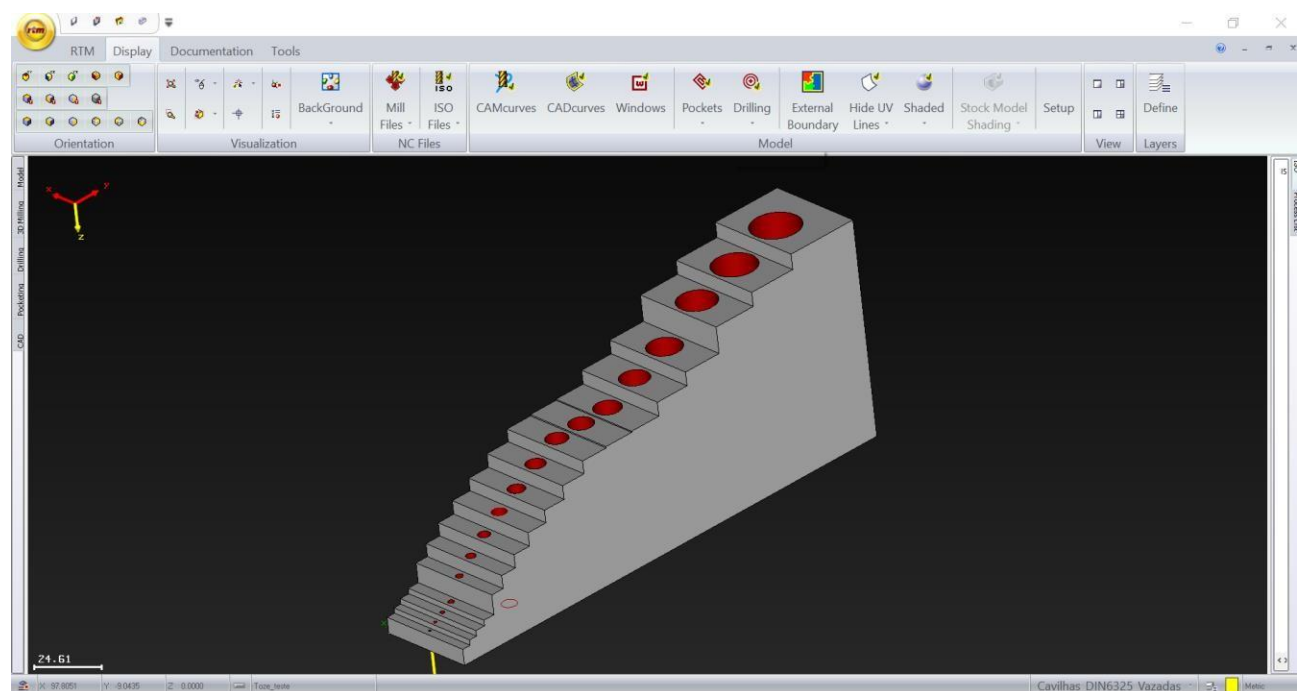
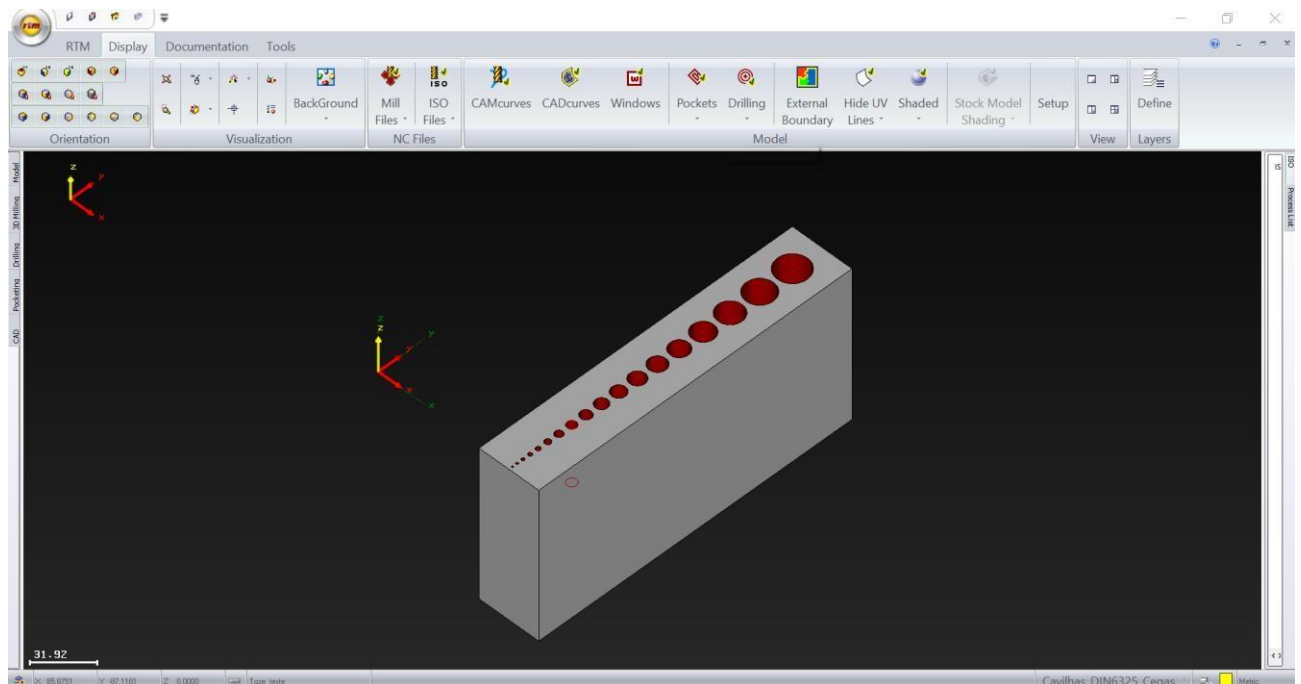
4. Casquilho com Grampos



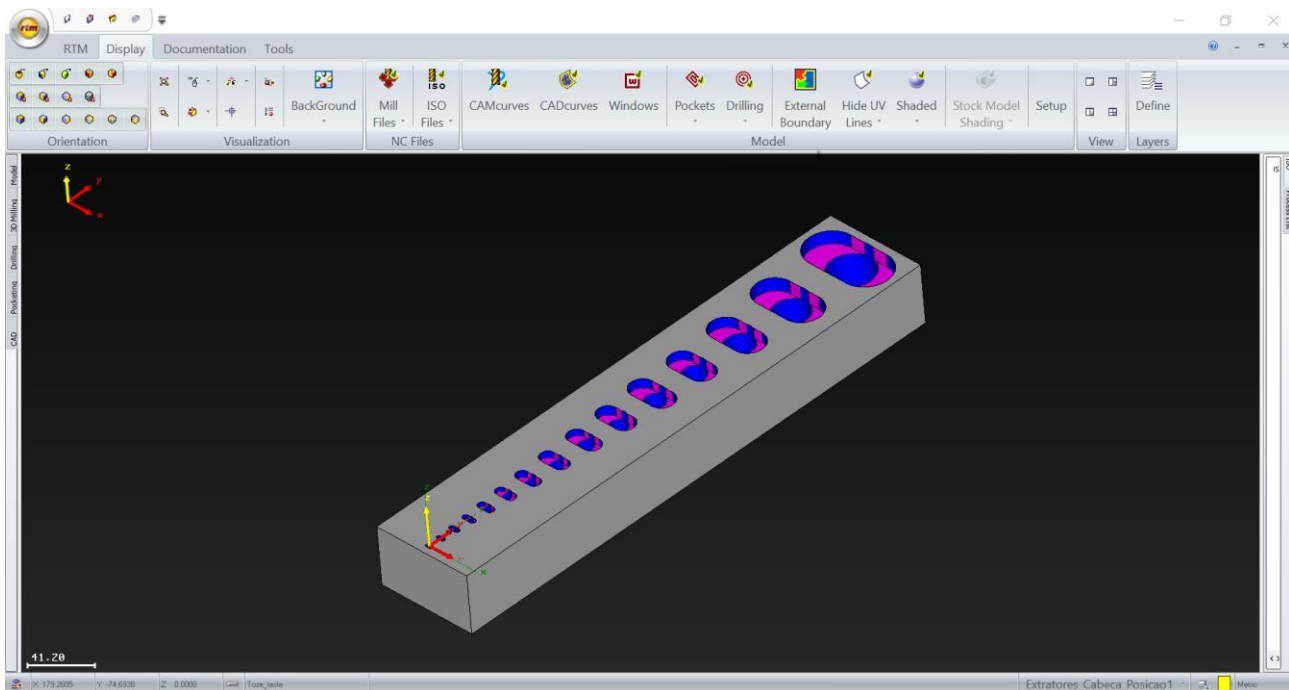
5. Casquilho Extração



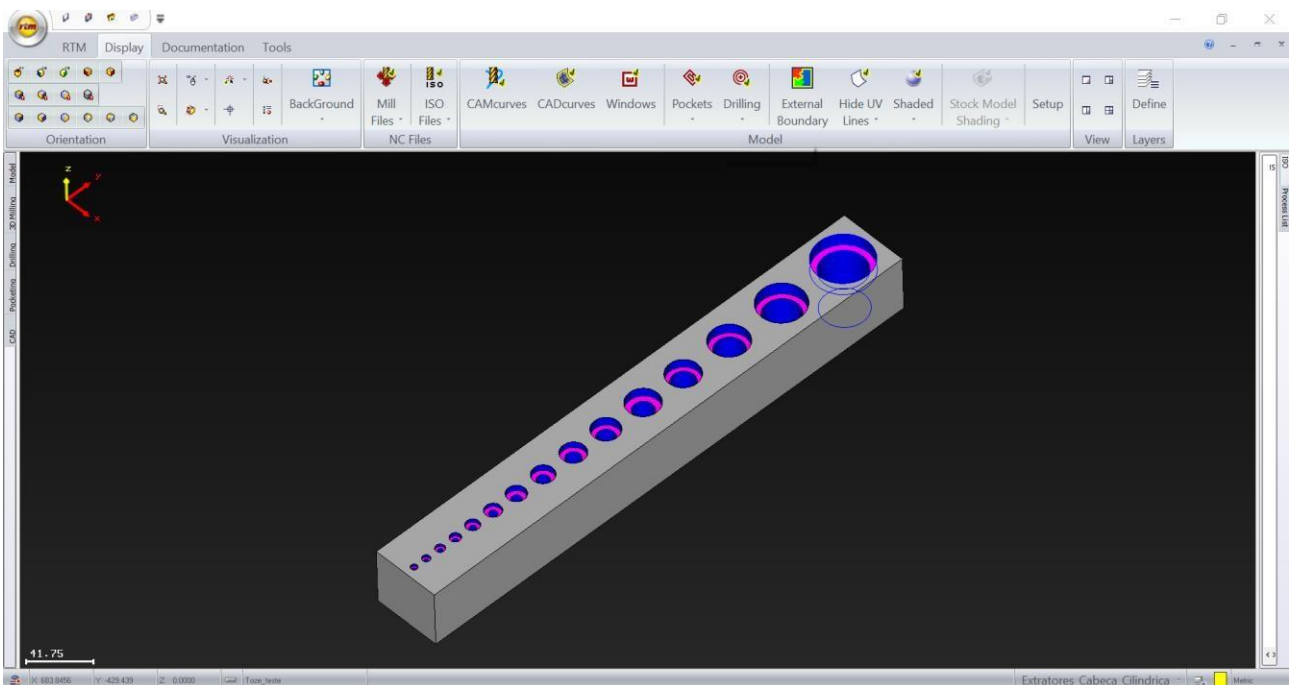
6. Cavilhas Cegas e Vazadas



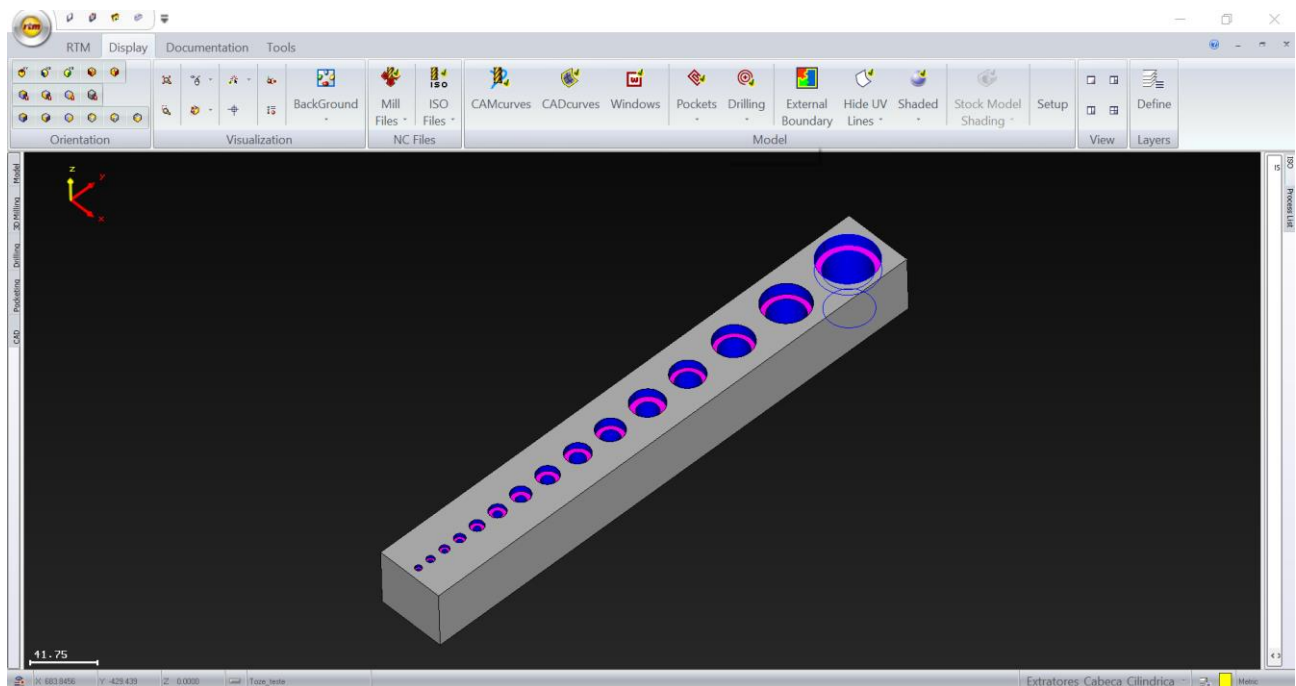
7. Extratores Cabeça Posição



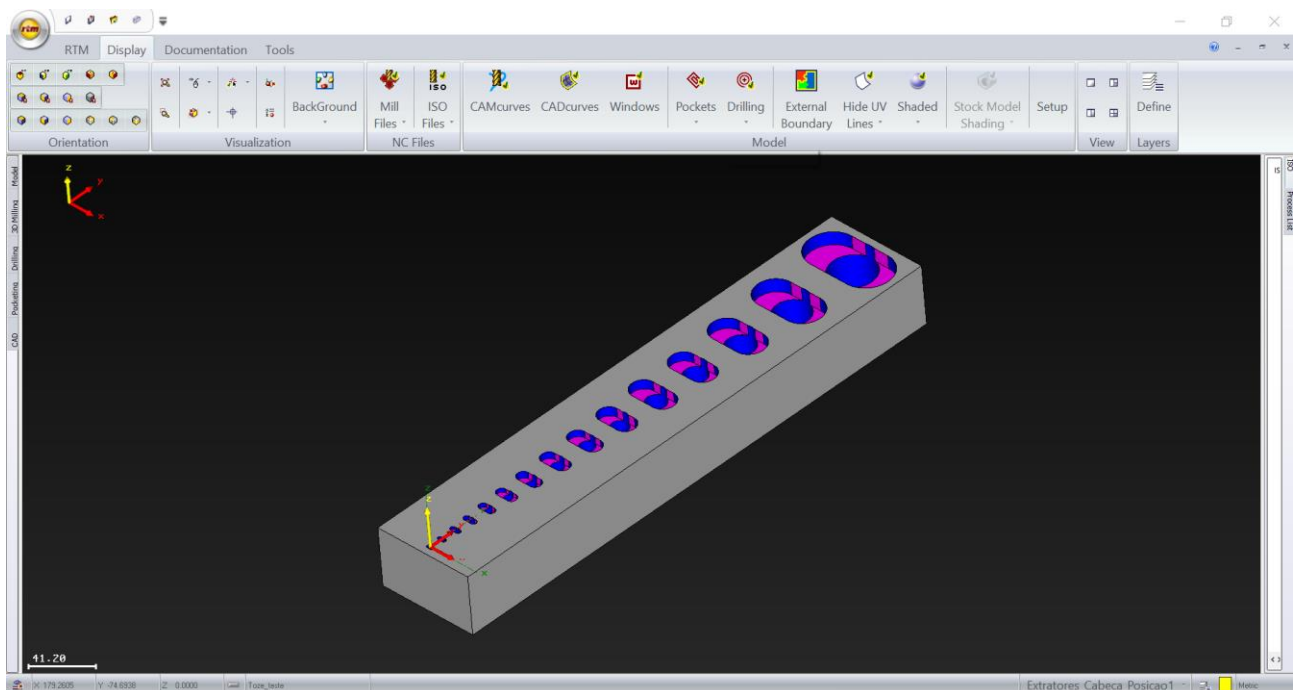
8. Extratores Cabeça Posição Cilíndrica



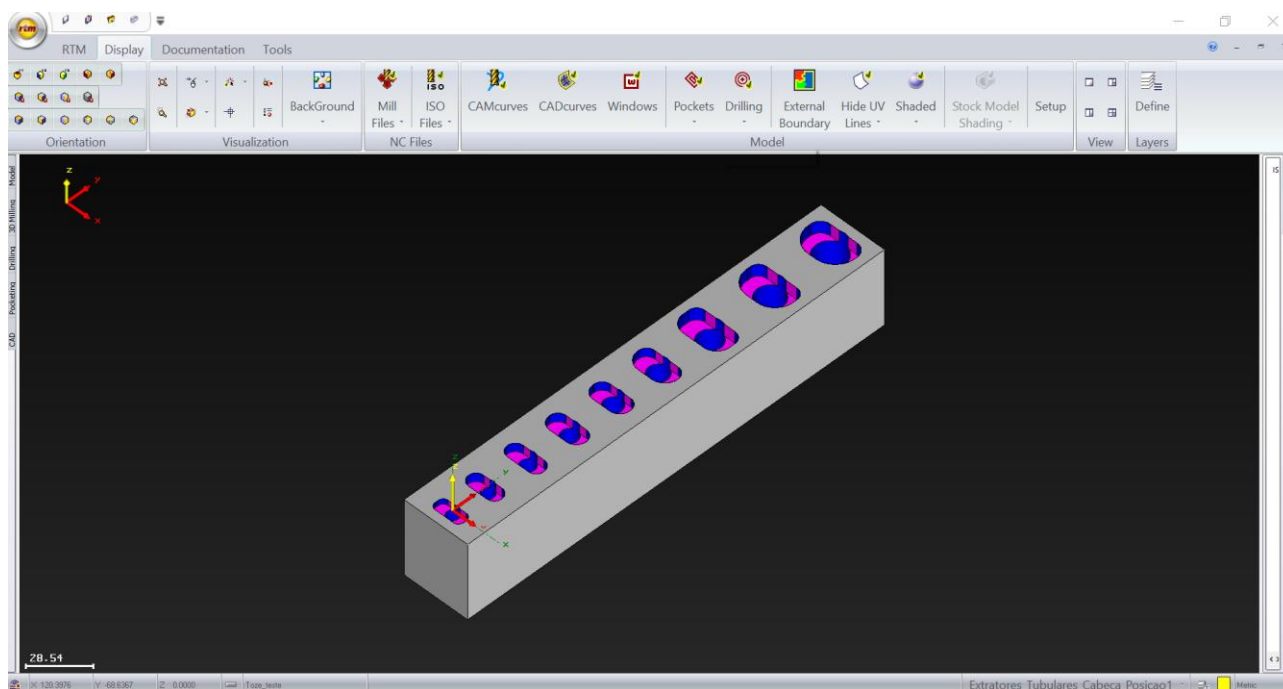
9. Extratores Tubulares



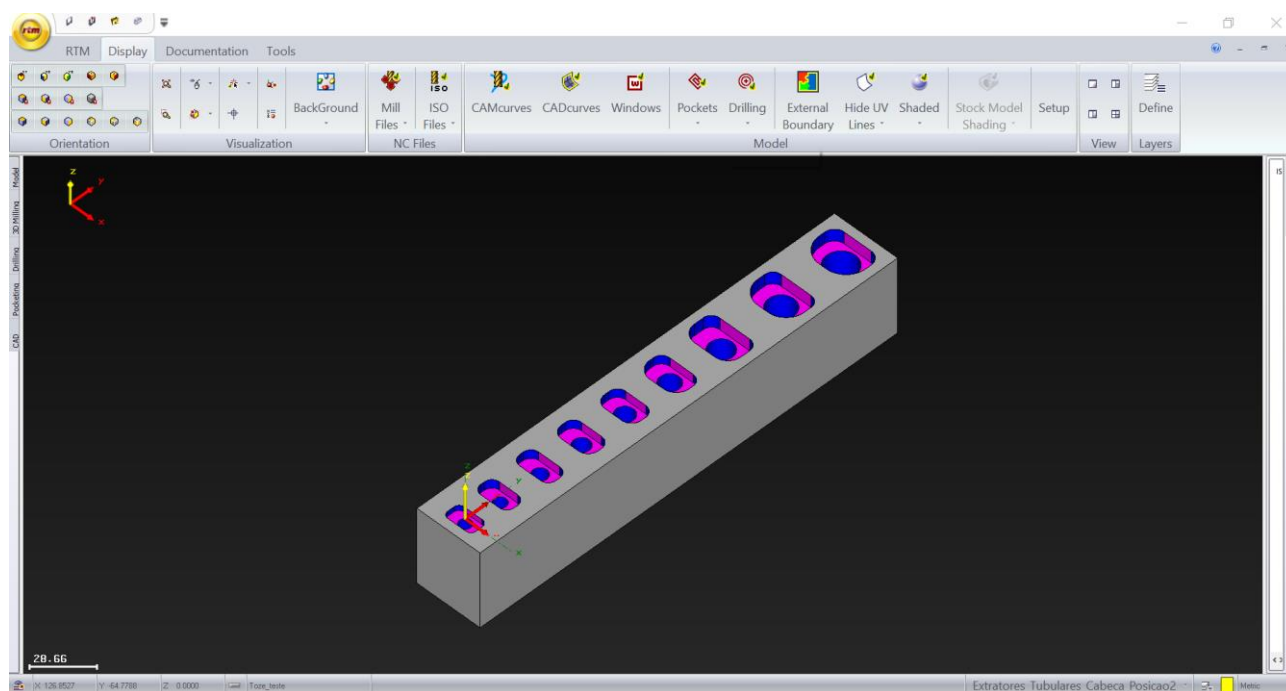
10. Extratores Tubulares Posição 1



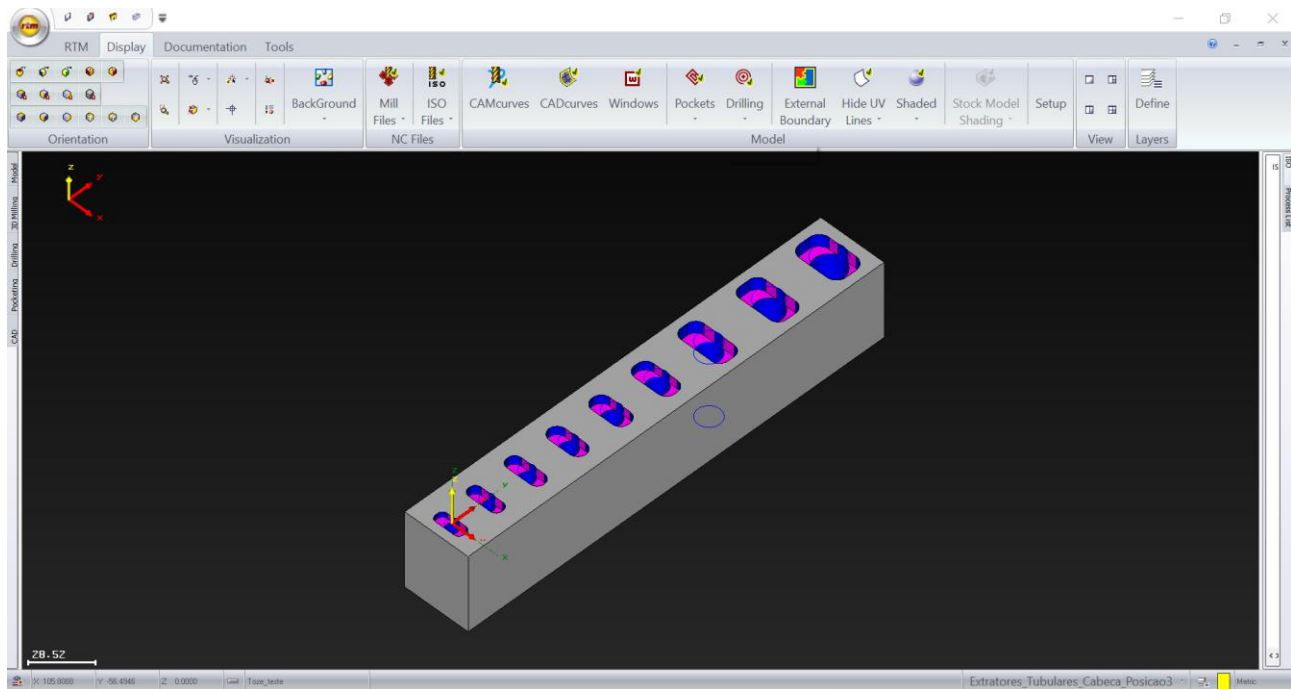
11. Extratores Tubulares Posição 2



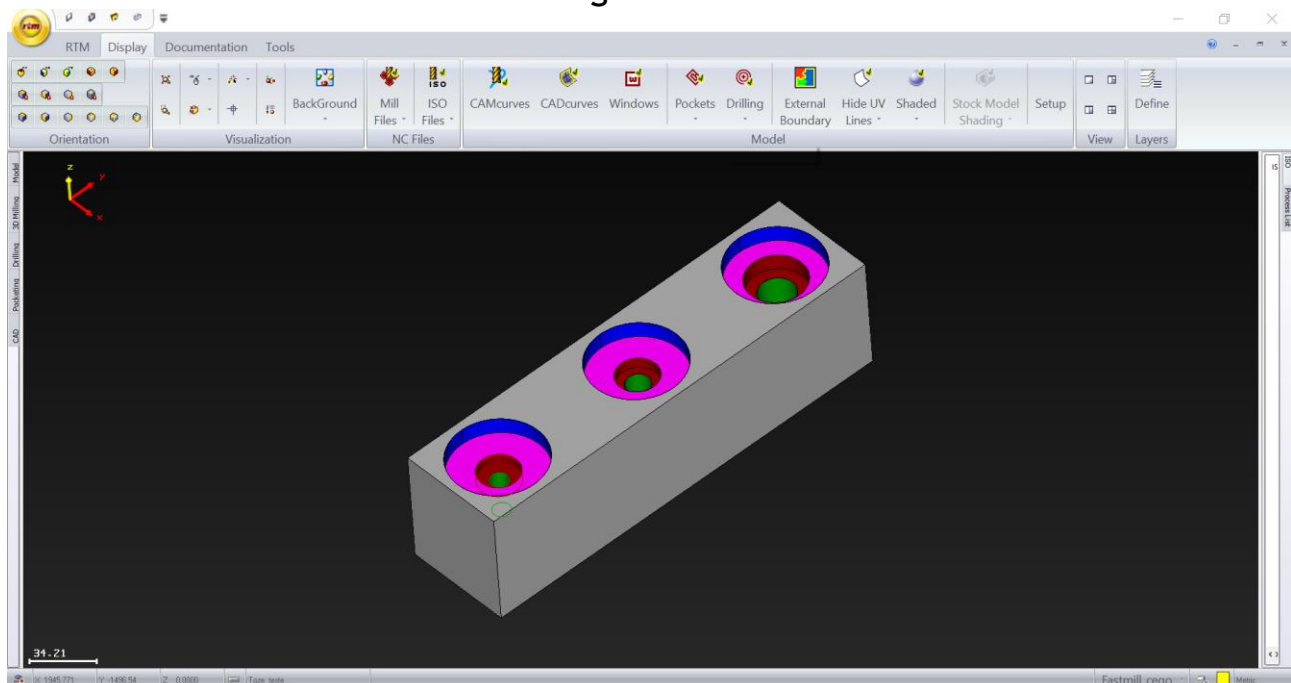
12. Extratores Tubulares Posição 3



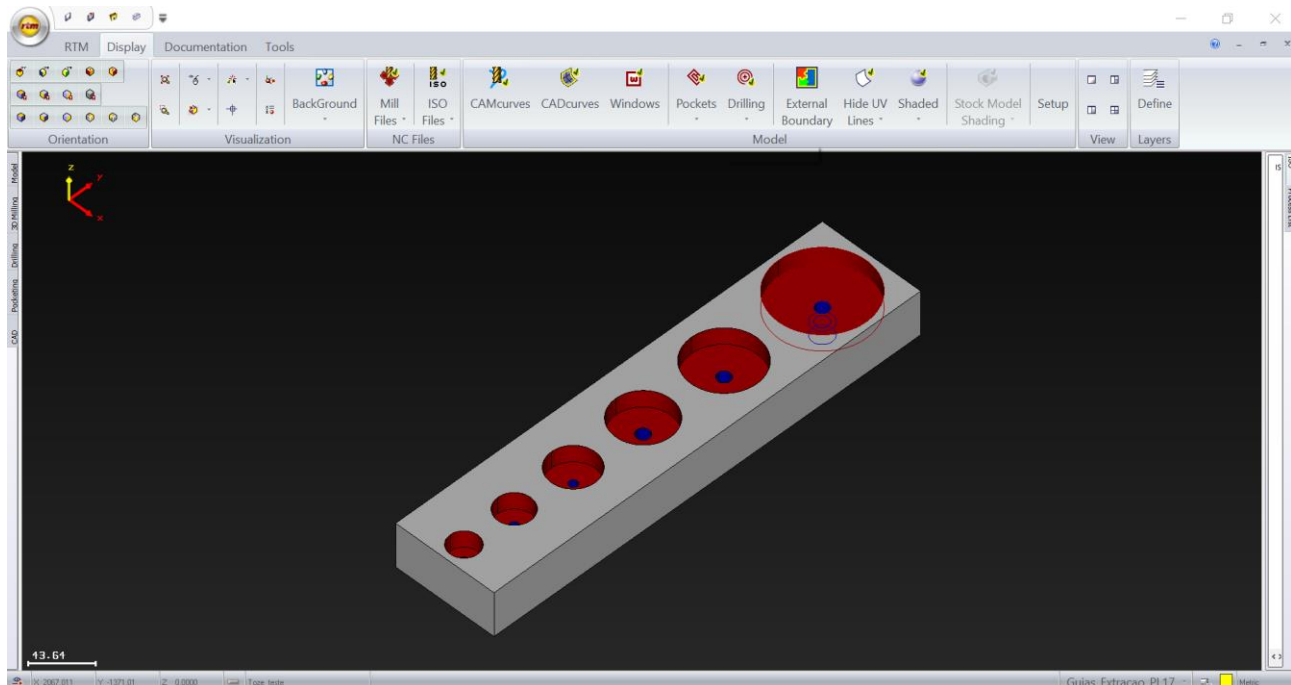
13. Extrator



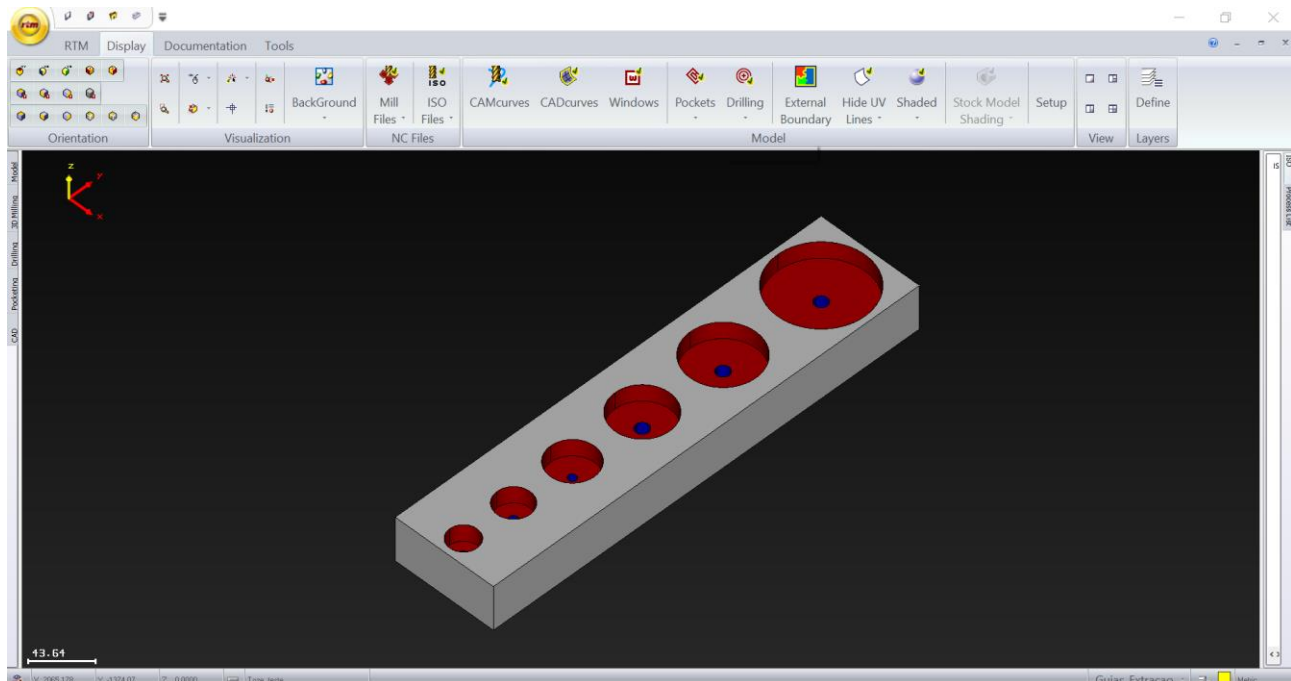
14. Fastmill Cego e Vazado



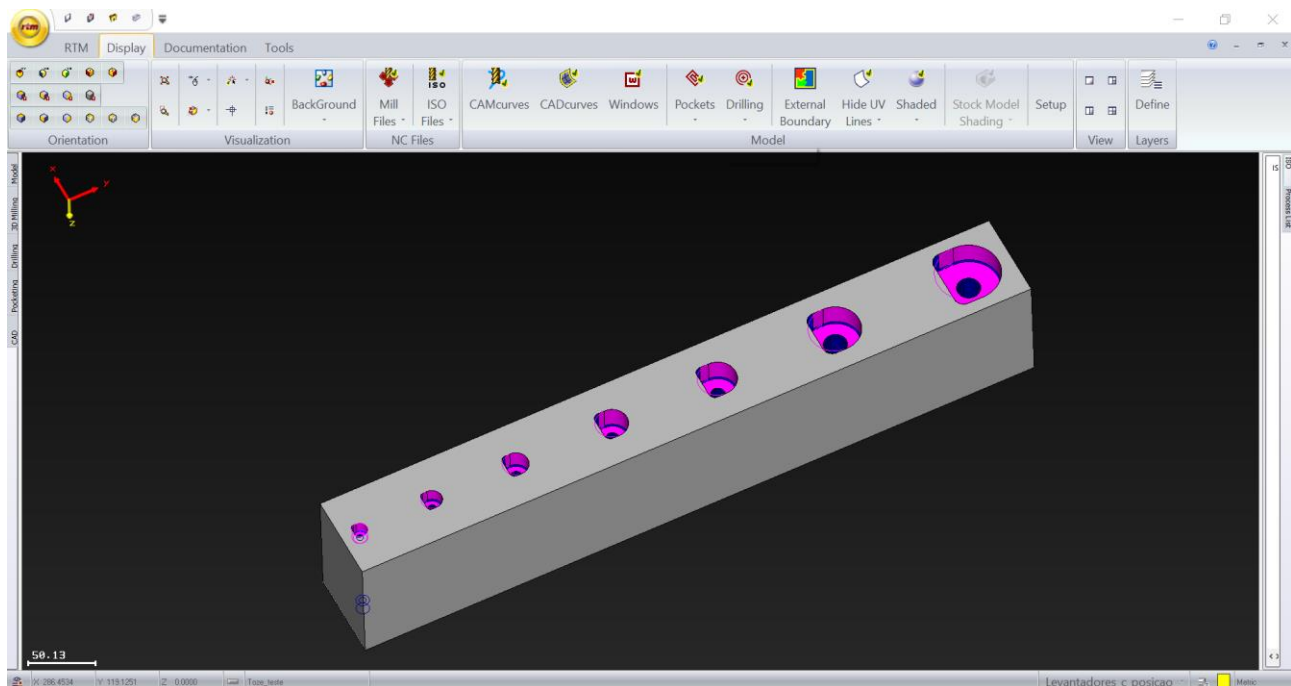
15. Guias de Extração



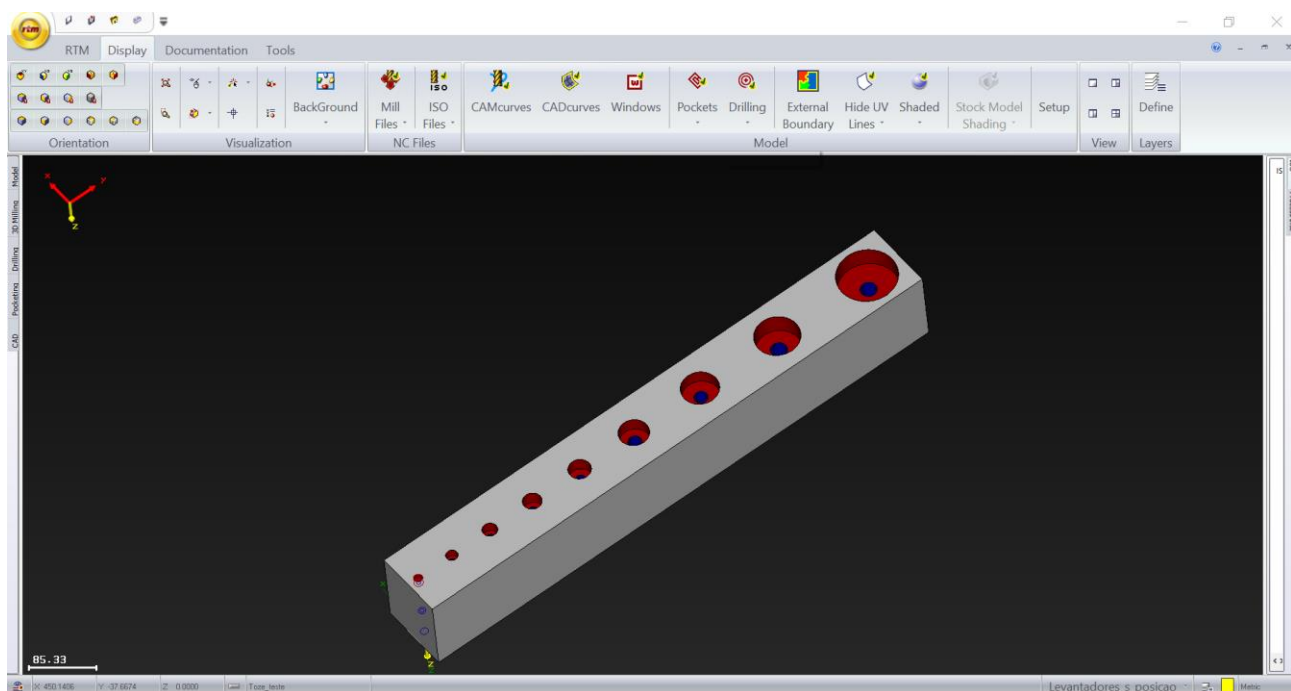
16. Guias de Extração com Tampa



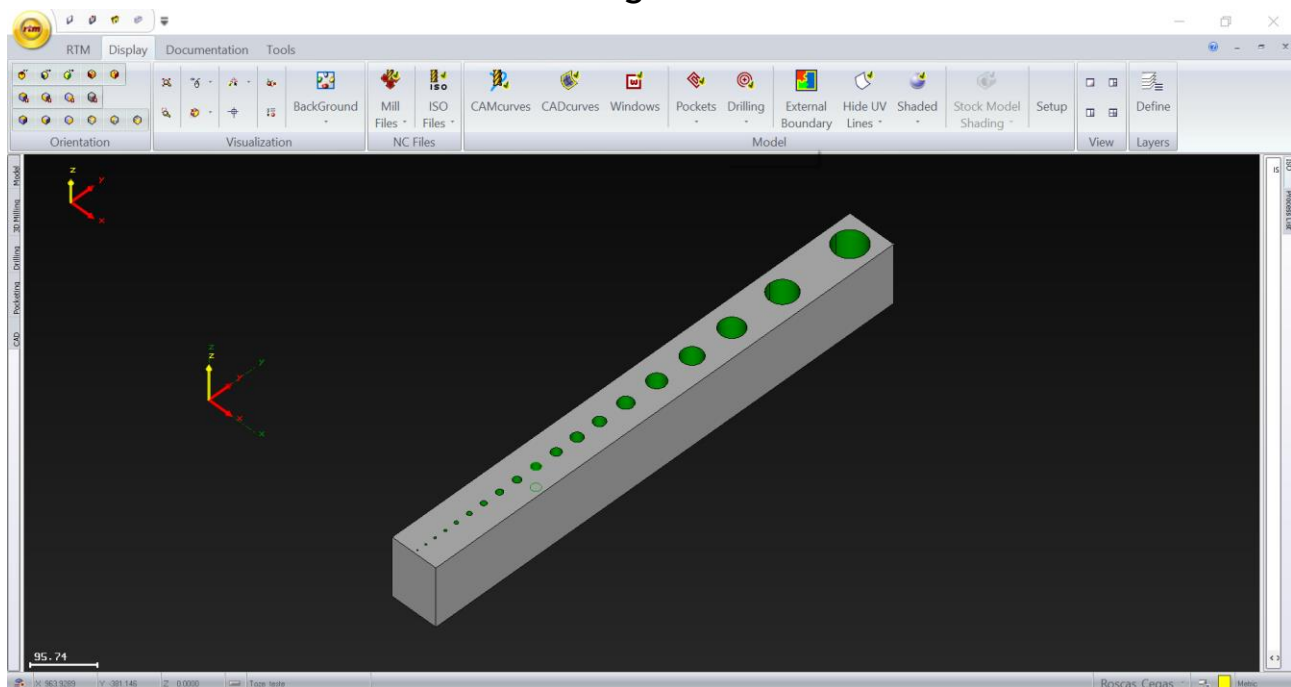
17. Levantadores C Posição



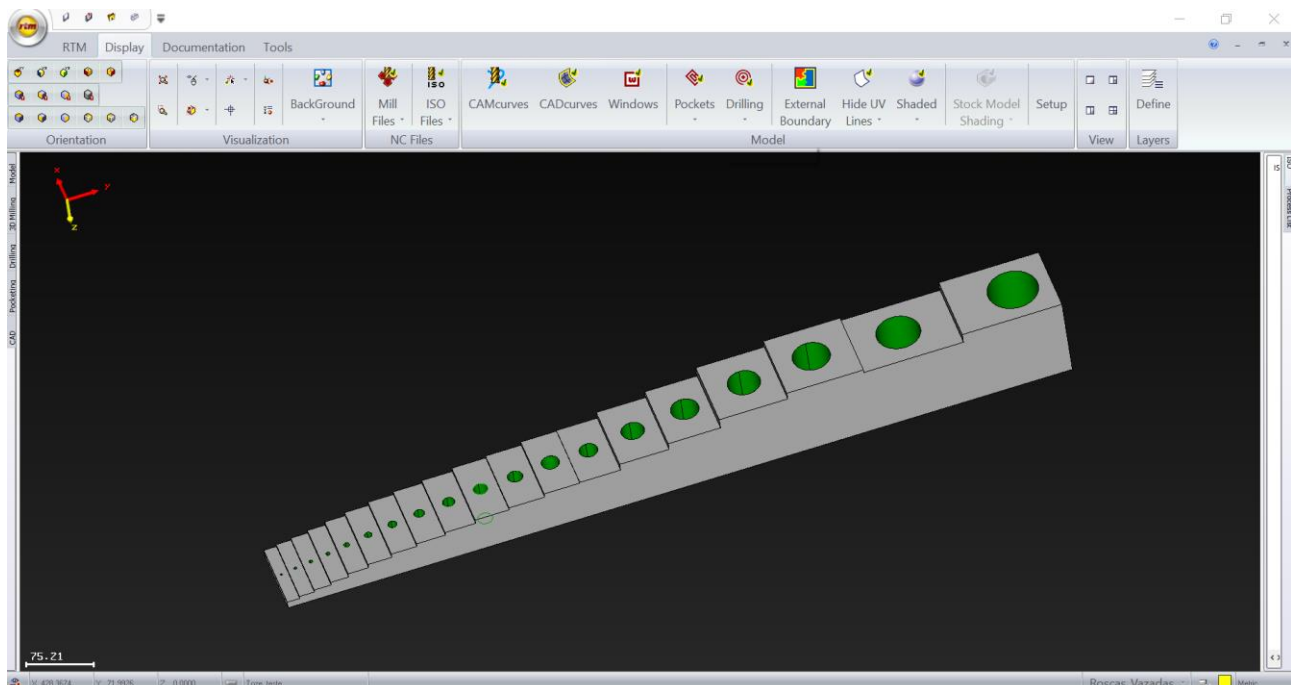
18. Levantadores S Posição



19.Furo Roscado Cego

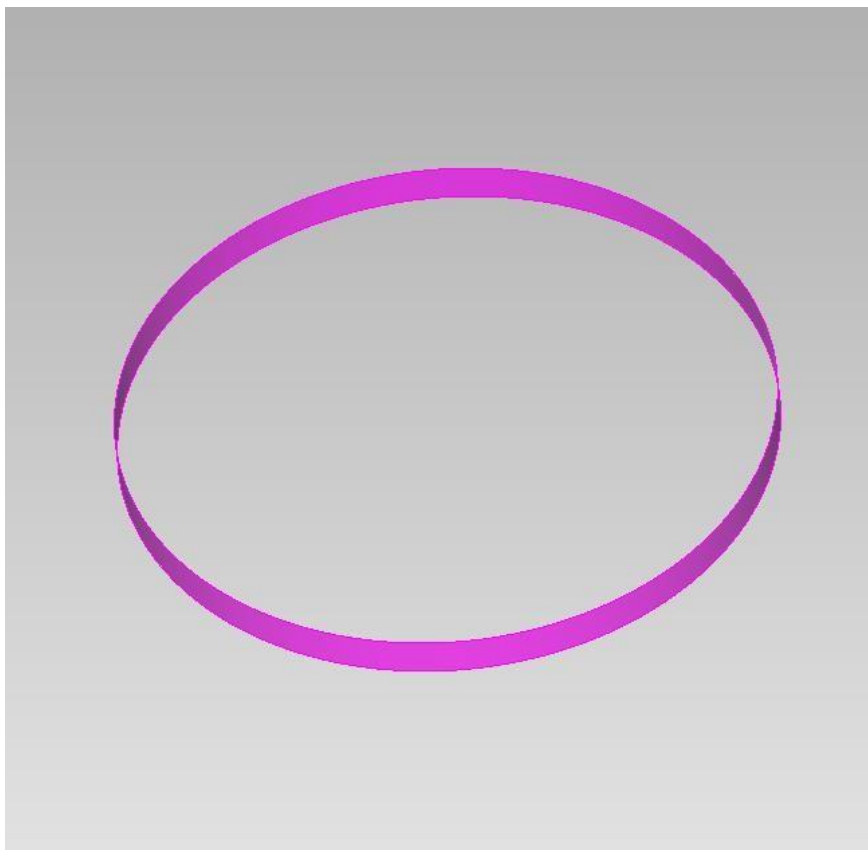


20.Furo Roscado Vazado

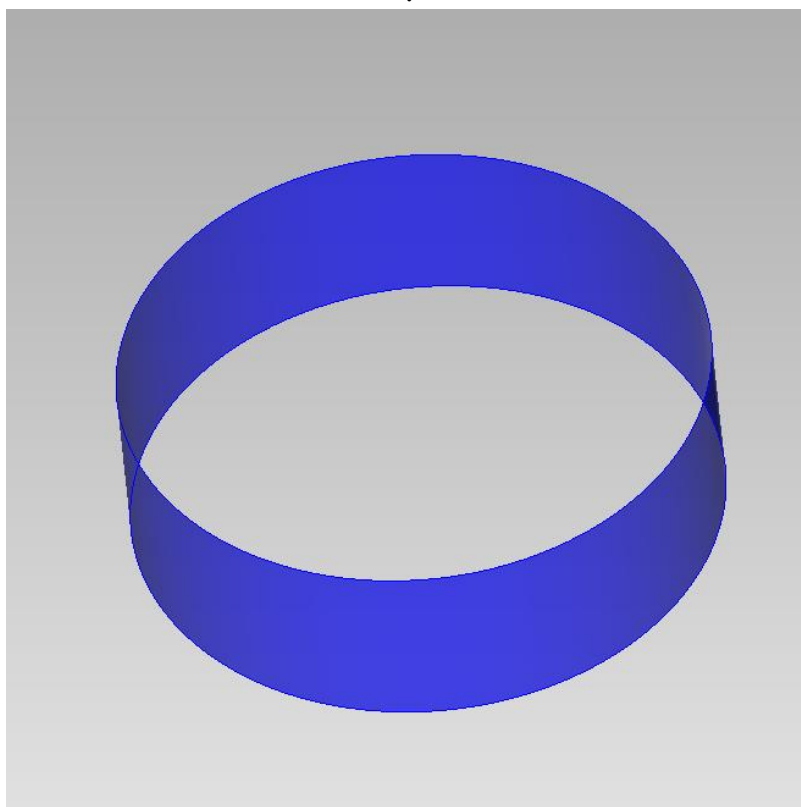


Anexo B - Individualização de cada Grupo de Geometrias

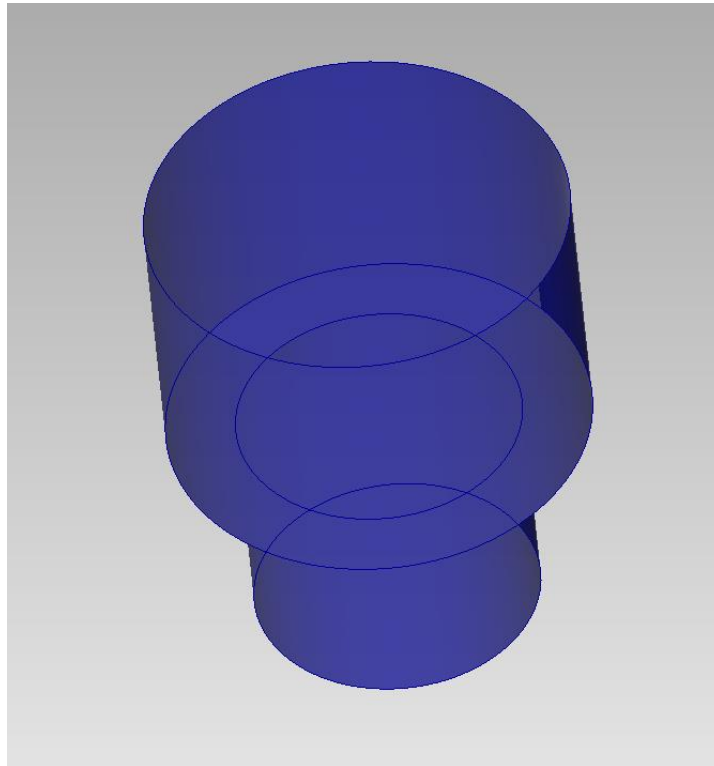
1. Anilha Centragem



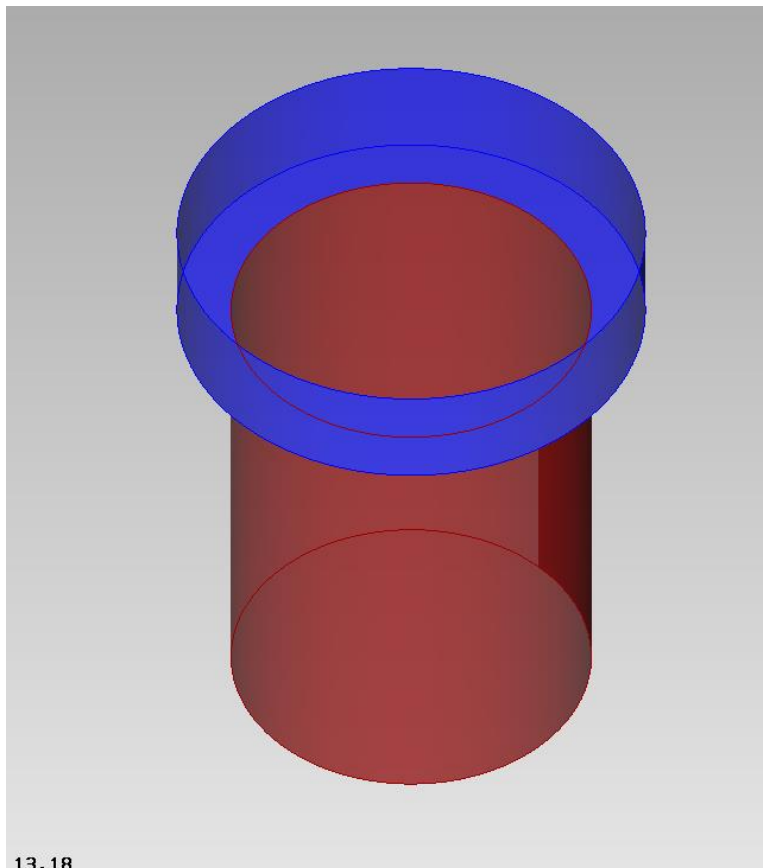
2. Apoio



3. Caixa de Parafusos

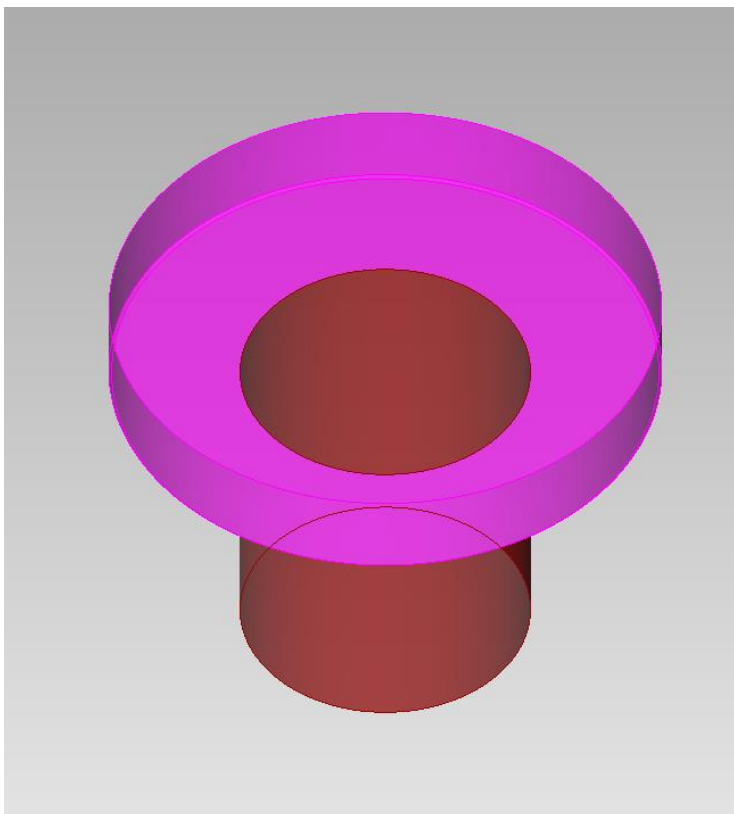


4. Casquilho de Extração

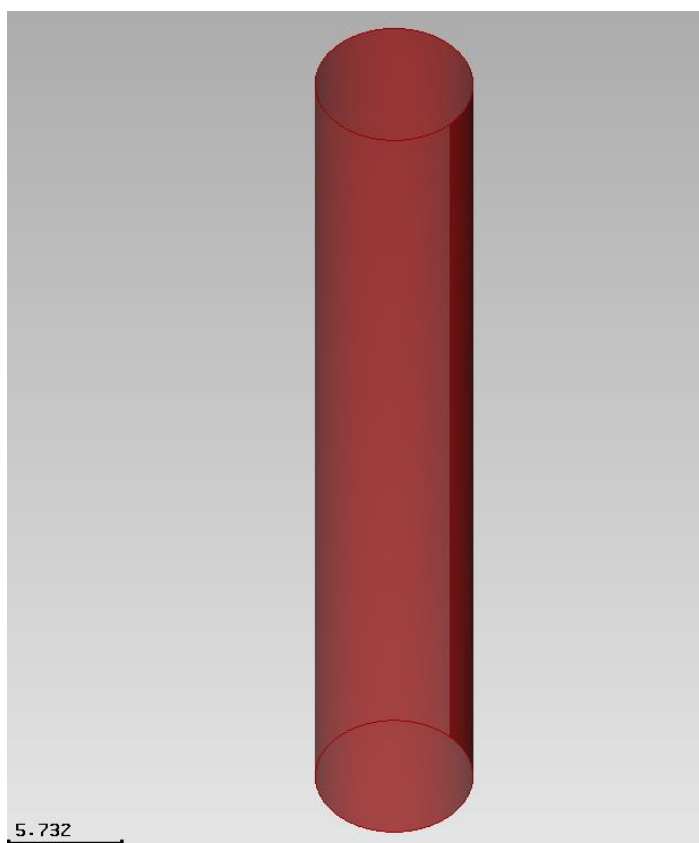


13.18

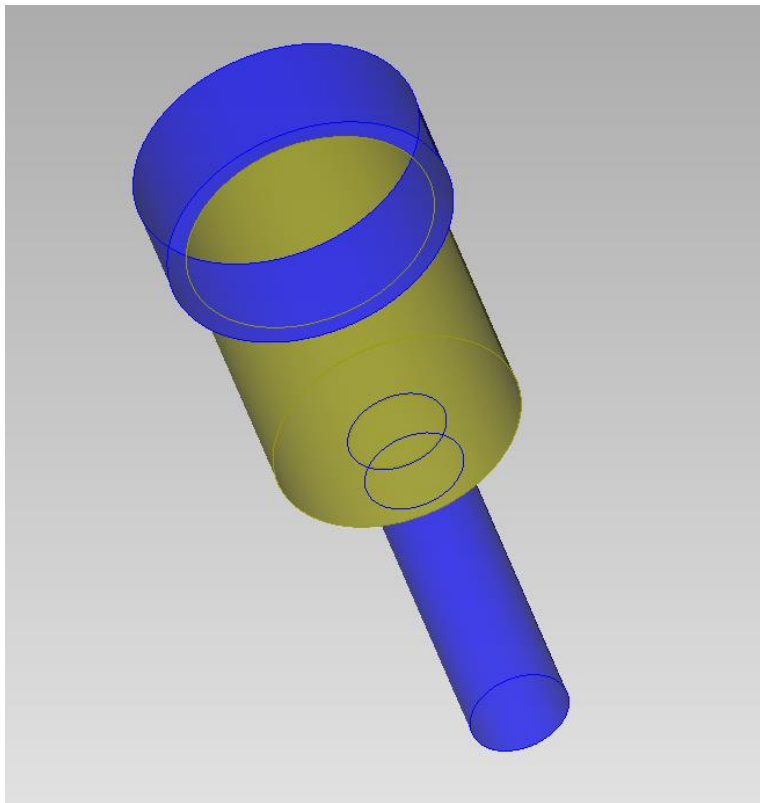
5. Casquilho de Extração com Tampa



6. Cavilha



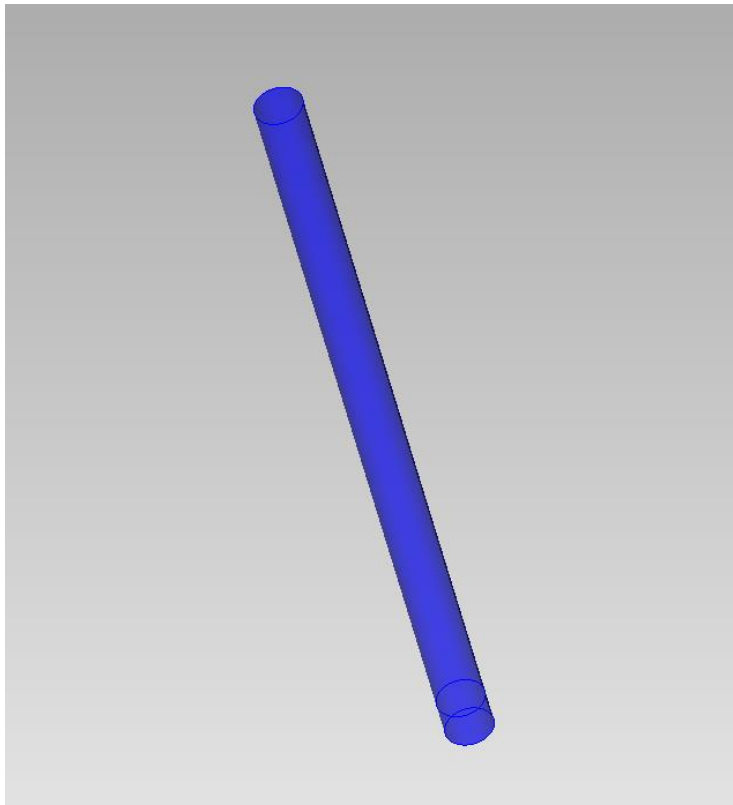
7. Extrator C/S PR Posição



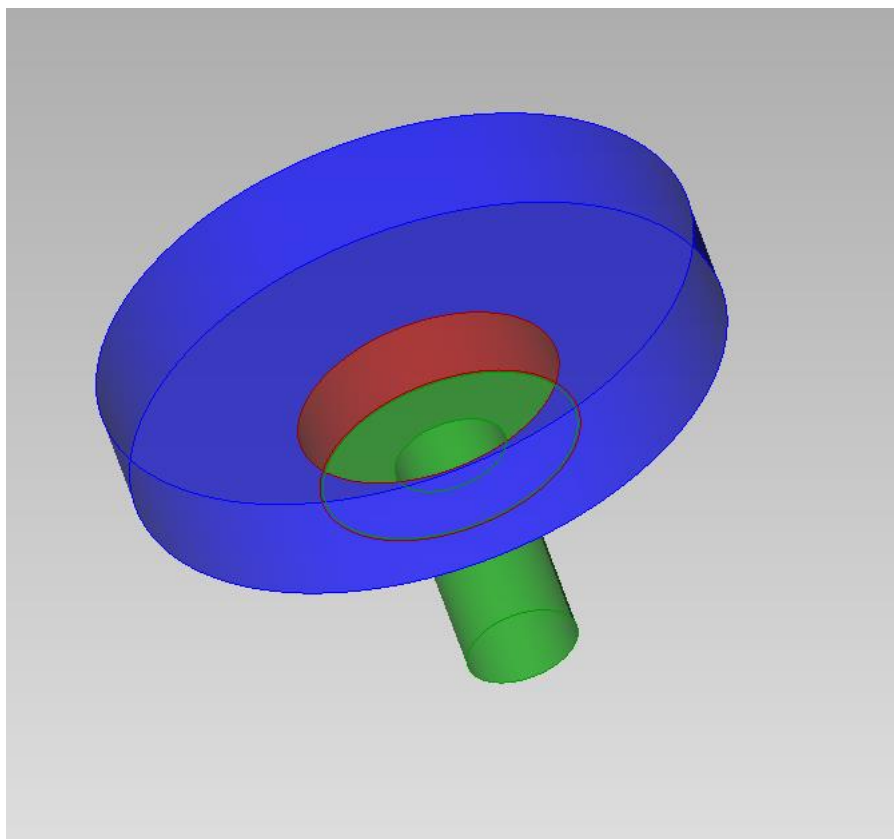
8. Extrator Cabeça Cilíndrica



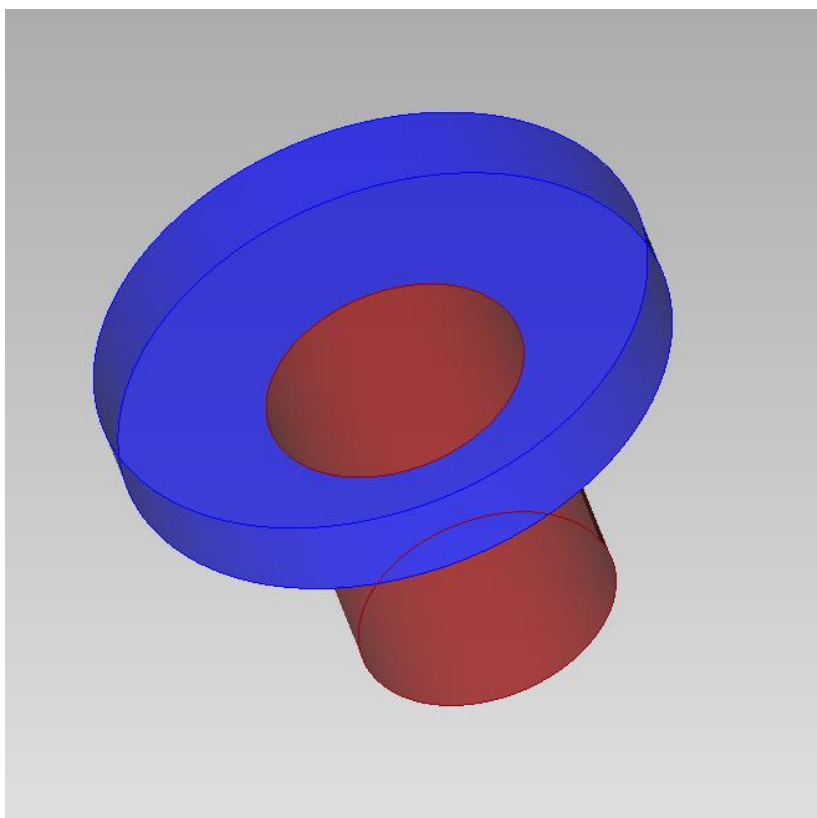
9. Cabeça Posição



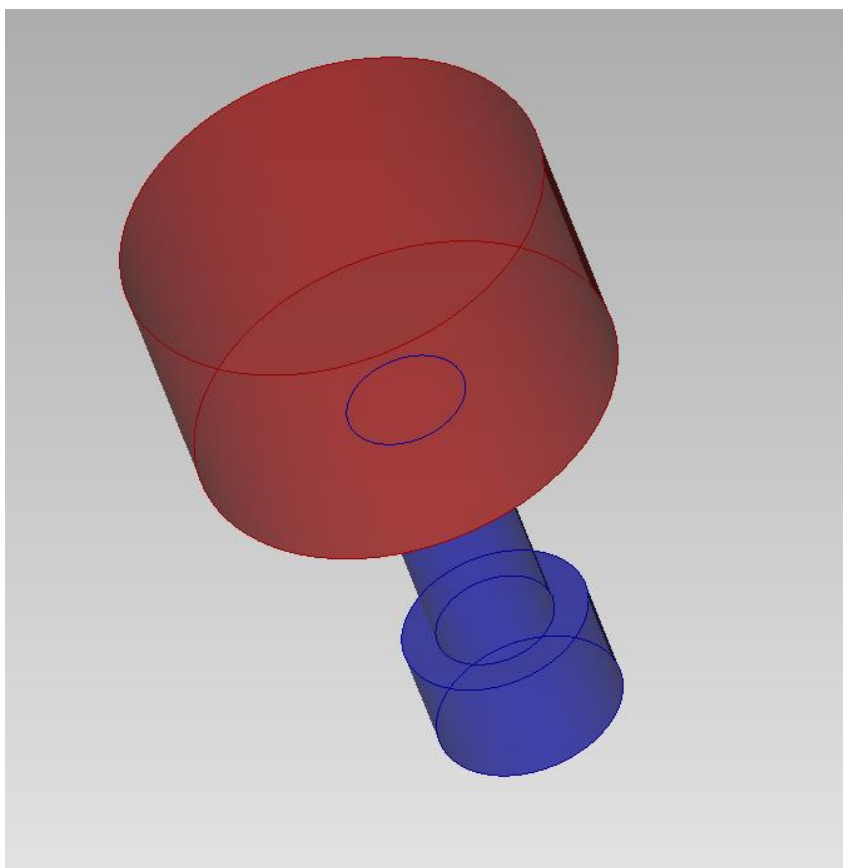
10. Fastmill



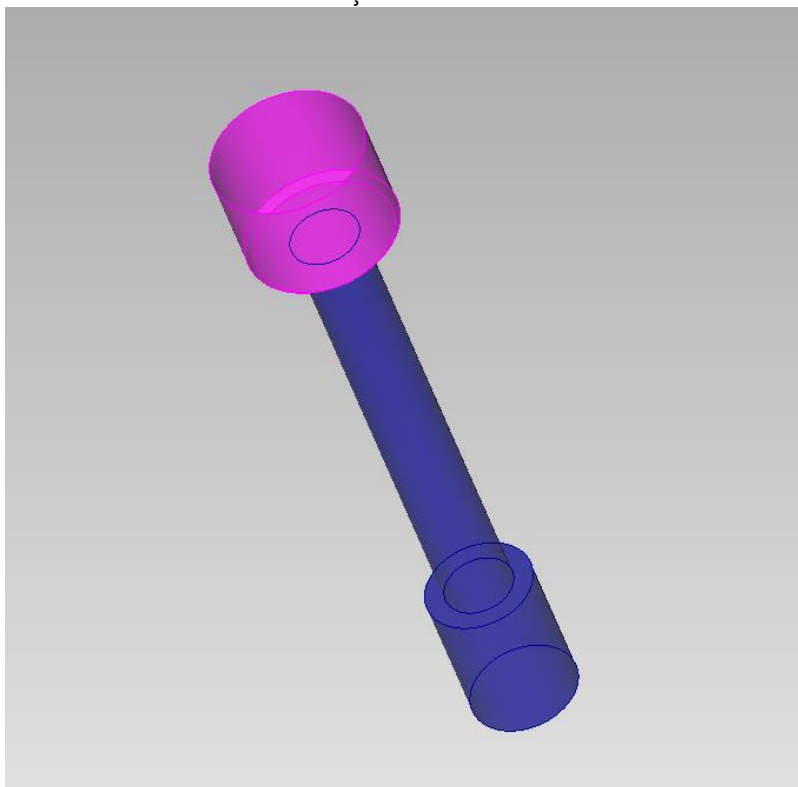
11. Extrator Tubular



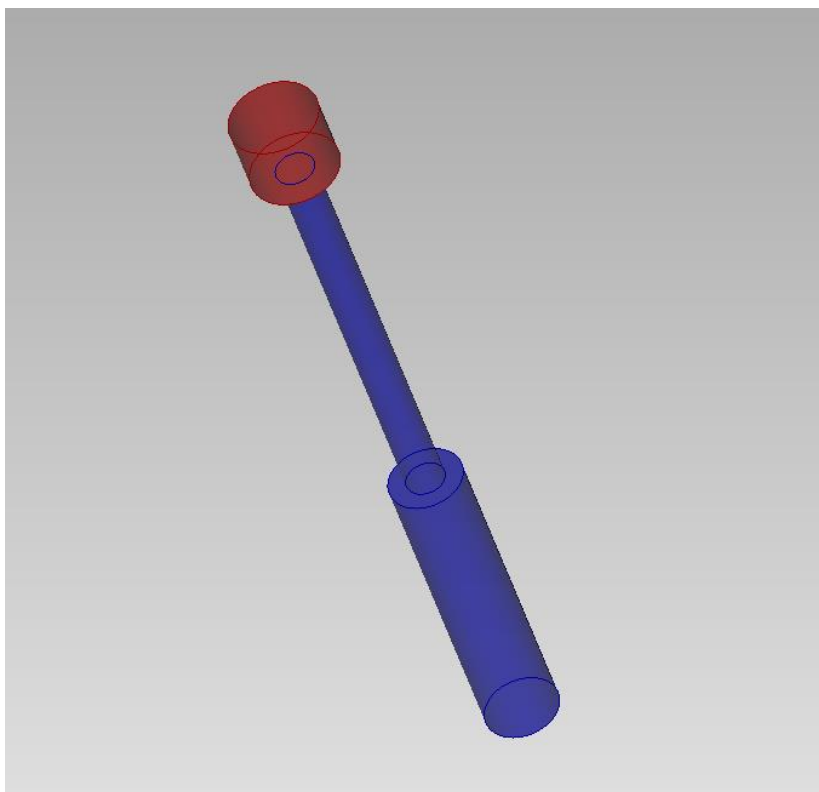
12. Guias de Extração



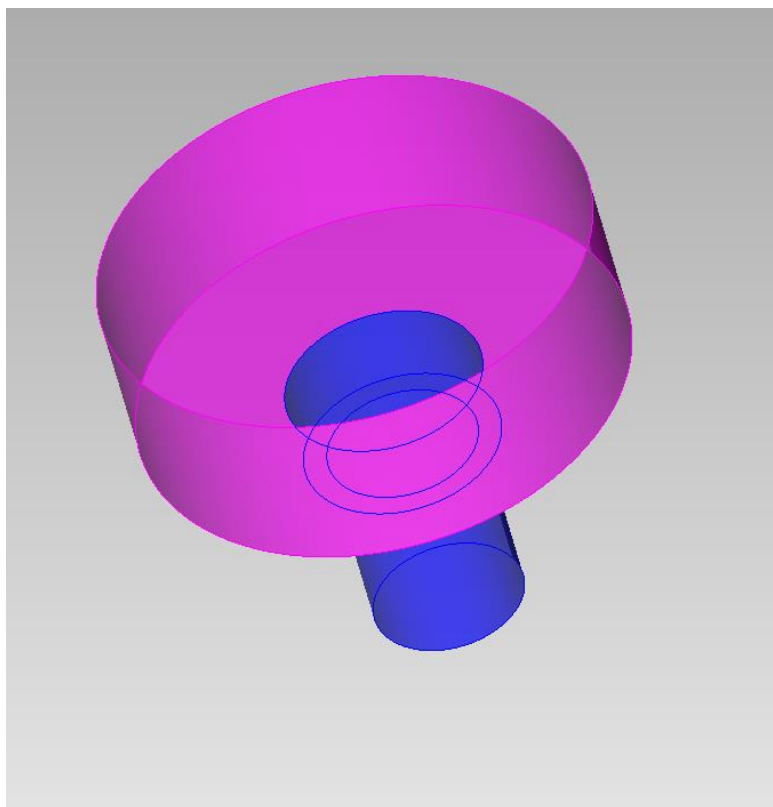
13. Levantadores C Posição



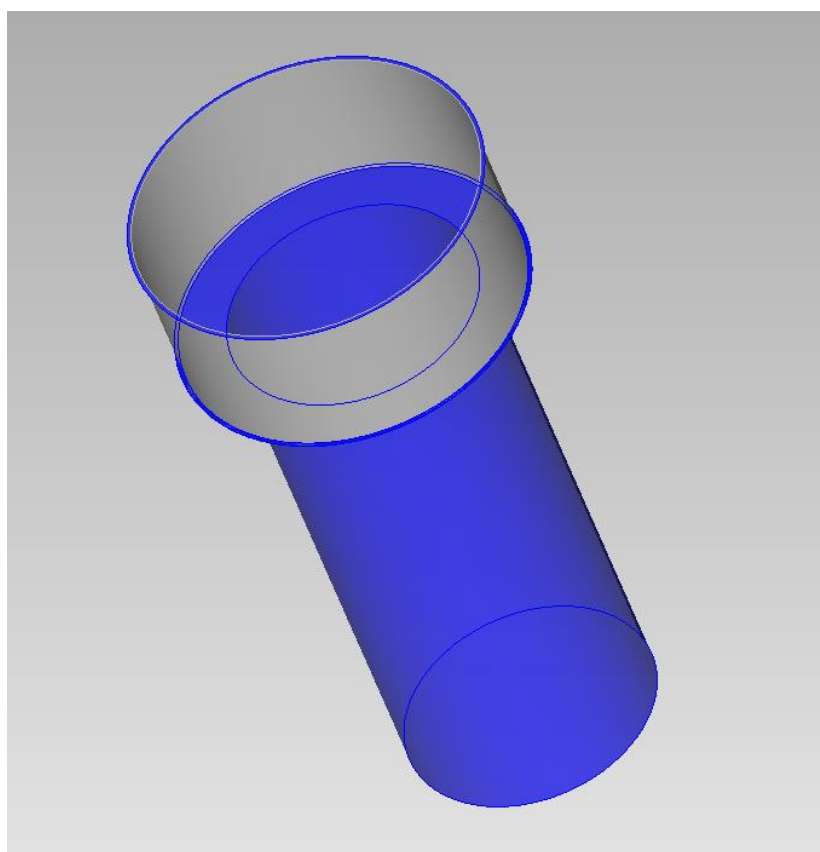
14. Levantadores S Posição



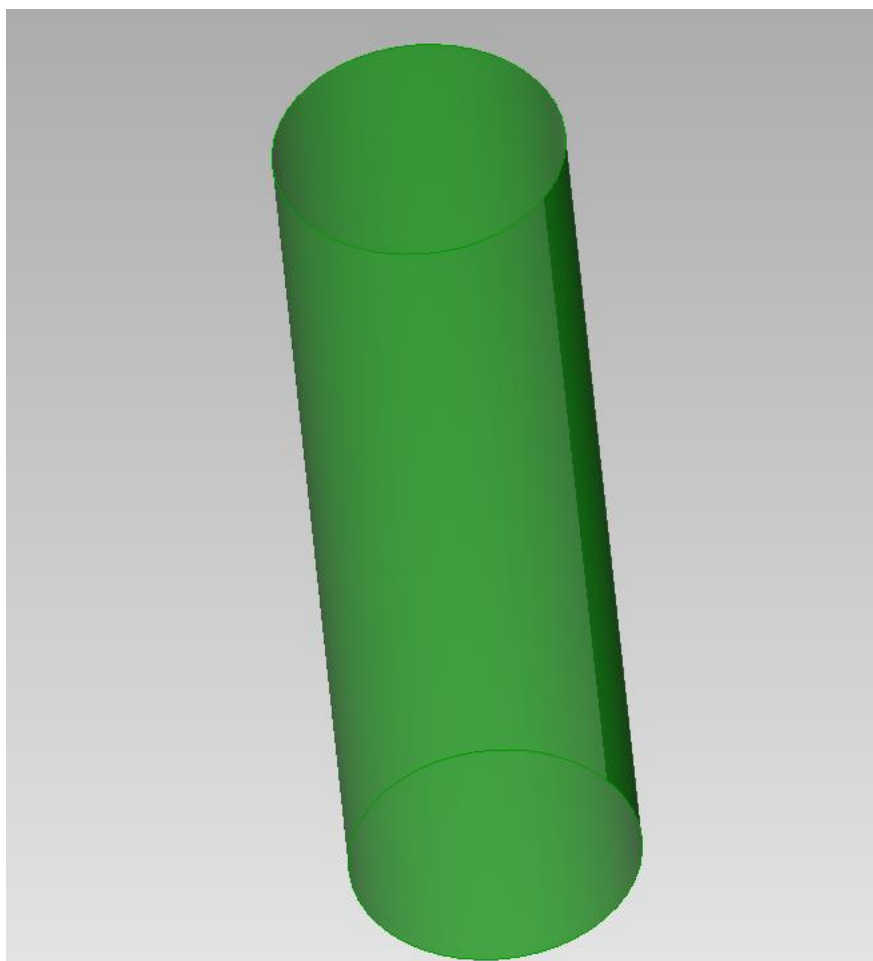
15. Perno Retorno



16. Perno S Tampa



17. Furo Roscado



Anexo D - Lista de Geometrias Incorporadas

Geometria	Folder Name	#Circles
Anilha_Centragem_100	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_125	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_160	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_200	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_250	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_315	Anilha_Centragem	2
Anilha_Centragem_360	Anilha_Centragem	2
Apoio_46	Apoio	2
Apoio_56	Apoio	2
Apoio_66	Apoio	2
Apoio_76	Apoio	2
Apoio_86	Apoio	2
Apoio_96	Apoio	2
Apoio_106	Apoio	2
Apoio_136	Apoio	2
Caixas Parafusos_D1:11_D2:7	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_D1:18_D2:11	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_D1:32_D2:22	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M4	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M5	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M6	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M11	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M16	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M18	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M20	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M22	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M27	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M30	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M36	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M42	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M48	Caixas Parafusos	4
Caixas Parafusos_M56	Caixas Parafusos	4
Casquilho_C_Grampos_114_100	Casquilho_Com_Grampos	4
Casquilho_C_Grampos_42_32	Casquilho_Com_Grampos	4
Casquilho_C_Grampos_65_50	Casquilho_Com_Grampos	4
Casquilho_C_Grampos_73_63	Casquilho_Com_Grampos	4
Casquilho_C_Grampos_92_80	Casquilho_Com_Grampos	4
Casquilho_Extração_35	Casquilho_Extração	2
Casquilho_Extração_42	Casquilho_Extração	2
Casquilho_Extração_50	Casquilho_Extração	2
Casquilho_Extração_63	Casquilho_Extração	2
Casquilho_Extração_80	Casquilho_Extração	2
Casquilho_Extração_C2_41_35	Casquilho_Extração	4
Casquilho_Extração_C2_48_42	Casquilho_Extração	4

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

Casquilho_Extração_C2_61_50	Casquilho_Extração	4
Casquilho_Extração_C2_87_80	Casquilho_Extração	4
Casquilho_Extração_C_Tampa_105_63	Casquilho_Extração	5
Casquilho_Extração_C_Tampa_145_80	Casquilho_Extração	4
Casquilho_Extração_C_Tampa_165_100	Casquilho_Extração	5
Casquilho_Extração_C_Tampa_75_32	Casquilho_Extração	5
Casquilho_Extração_C_Tampa_85_40	Casquilho_Extração	5
Casquilho_Extração_C_Tampa_95_50	Casquilho_Extração	5
Cavilhas_2	Cavilhas	2
Cavilhas_3	Cavilhas	2
Cavilhas_4	Cavilhas	2
Cavilhas_5	Cavilhas	2
Cavilhas_6	Cavilhas	2
Cavilhas_7	Cavilhas	2
Cavilhas_8	Cavilhas	2
Cavilhas_9	Cavilhas	2
Cavilhas_10	Cavilhas	2
Cavilhas_11	Cavilhas	2
Cavilhas_12	Cavilhas	2
Cavilhas_14	Cavilhas	2
Cavilhas_16	Cavilhas	2
Cavilhas_18	Cavilhas	2
Cavilhas_20	Cavilhas	2
Cavilhas_1,5	Cavilhas	2
Cavilhas_2,5	Cavilhas	2
Extratores_C_C_10_16	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_13_22	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_6,5_12	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_8_14	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_11_18	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_13_20	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_15_24	Extratores_Cilindricos	5
Extratores_C_C_17_24	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_2,5_5	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_21_28	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_26_34	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_3,5_7	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_33_42	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_3_6	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_4_8	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_5_10	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_6_12	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_7_14	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_C_9_16	Extratores_Cilindricos	4
Extratores_C_PR_11_18_22_26	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_11_22,5_26	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_13_20_28_32	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_13_28,5_32	Extratores_C_PR_Com_Posição	8

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

Extratores_C_PR_15_28,5_32	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_17_24_28_32	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_17_28,5_32	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_2,5_10_14	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_2,5_5_10,5_14	Extratores_C_PR_Sem_Posição	7
Extratores_C_PR_21_28_34_38	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_21_34,5_38	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_26_40,5_44	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_3,5_10,5_14	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_34_8_14,5_18	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_3_10,5_14	Extratores_C_PR_Sem_Posição	7
Extratores_C_PR_3_6_10,5_14	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_4_14,5_18	Extratores_C_PR_Sem_Posição	7
Extratores_C_PR_5_10_18,5_22	Extratores_C_PR_Com_Posição	9
Extratores_C_PR_5_18,5_22	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_6_12_18,5_22	Extratores_C_PR_Com_Posição	9
Extratores_C_PR_6_18,5_22	Extratores_C_PR_Sem_Posição	9
Extratores_C_PR_7_14_22_26	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_7_22,5_26	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_C_PR_9_16_22_26	Extratores_C_PR_Com_Posição	8
Extratores_C_PR_9_22,5_26	Extratores_C_PR_Sem_Posição	8
Extratores_Cabeça_P1_3	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_4	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_5	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_6	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_7	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_9	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_11	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_13	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_15	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_17	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_21	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_26	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_33	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_2,5	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P1_3,5	Extratores_Posicao1	3
Extratores_Cabeça_P2_3	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_4	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_5	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_6	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_7	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_9	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_11	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_13	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_15	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_17	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_21	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_26	Extratores_Posicao2	2

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

Extratores_Cabeça_P2_33	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_2.5	Extratores_Posicao2	2
Extratores_Cabeça_P2_3.5	Extratores_Posicao2	2
Extratores_T_P1_7	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_8	Extratores_Posicao1	3
Extratores_T_P1_9	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_10	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_11	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_13	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_15	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_17	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P1_6.5	Extratores_Posicao1	4
Extratores_T_P2_8	Extratores_Posicao2	2
Extratores_T_P2_10	Extratores_Posicao2	2
Extratores_T_P2_6.5	Extratores_Posicao2	2
Extratores_T_P3_8	Extratores_Posicao3	4
FastMill_10.25_24_55	FastMill	7
FastMill_10.25_24_55	FastMill	6
FastMill_14_24_55	FastMill	6
FastMill_21_34_55	FastMill	6
Guias_Extracao_11_7_25	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_11_7_30	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_11_7_40	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_18_11_50	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_18_11_60	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_18_11_80	Guias_Extracao_S_Tampa	6
Guias_Extracao_25_71	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Guias_Extracao_30_76	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Guias_Extracao_40_86	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Guias_Extracao_50_96	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Guias_Extracao_60_106	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Guias_Extracao_80_126	Guias_Extracao_C_Tampa	4
Levantadores_10_5_12	C_Posicao	7
Levantadores_10_5_12(S)	S_Posicao	6
Levantadores_11_7_16	C_Posicao	7
Levantadores_11_7_16(S)	S_Posicao	6
Levantadores_14_9_20	C_Posicao	7
Levantadores_14_9_20(S)	S_Posicao	6
Levantadores_18_11_25	C_Posicao	7
Levantadores_18_11_30	S_Posicao	7
Levantadores_18_11_25(S)	C_Posicao	6
Levantadores_18_11_30(S)	S_Posicao	6
Levantadores_26_18_40	C_Posicao	7
Levantadores_26_18_50	S_Posicao	7
Levantadores_26_18_40(S)	C_Posicao	6
Levantadores_26_18_50(S)	S_Posicao	6
Levantadores_32_22_60(S)	C_Posicao	7
Levantadores_32_22_80(S)	S_Posicao	7

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

M3	Roscas	2
M4	Roscas	2
M5	Roscas	2
M6	Roscas	2
M8	Roscas	2
M10	Roscas	2
M12	Roscas	2
M14	Roscas	2
M16	Roscas	2
M20	Roscas	2
M24	Roscas	2
M30	Roscas	2
M36	Roscas	2
M42	Roscas	2
M48	Roscas	2
M56	Roscas	2
M64	Roscas	2
M20_16,5	Roscas	2
M24_20,5	Roscas	2
Perno_Retorno_16	Perno_Retorno_S_Tampa	2
Perno_Retorno_25	Perno_Retorno_S_Tampa	2
Perno_Retorno_17_24	Perno_Retorno_S_Tampa	6
Perno_Retorno_17_24_70	Perno_Retorno_C_Tampa	8
Perno_Retorno_21_28_75	Perno_Retorno_C_Tampa	6
Perno_Retorno_24.4	Perno_Retorno_S_Tampa	2
Perno_Retorno_26_34_85	Perno_Retorno_C_Tampa	6
Perno_Retorno_34_42	Perno_Retorno_S_Tampa	4
Perno_Retorno_34_42_90	Perno_Retorno_C_Tampa	6
Perno_Retorno_S_Tampa_24	Casquilho_Extração	2
Perno_Retorno_S_Tampa_28	Casquilho_Extração	2
Perno_Retorno_S_Tampa_34	Casquilho_Extração	2

Anexo E - Máquinas CNC

Anexo E.1 - 3 Eixos Vertical



Anexo E.2 - 3 Eixos Horizontal



Anexo E.3 - 5 Eixos Cabeça-Cabeça



Anexo E.4 - 5 Eixos Cabeça-Mesa



Anexo E.5 - 5 Eixos Mesa-Mesa



Anexo F - Máquina de Calibração de Ferramentas; Zoller



Anexo G - Documento com todos os Componentes presentes num Molde Metálico

1 - ESTRUTURA / STRUCTURE	
1, 1-1, ...	Placa de Encosto Lado Injeção / Injection Side Back Plate
1-EF, 1-1-EF, ...	Placa de Encosto Lado Injeção / Injection Side Back Plate -"Placa a ser enviada para o fornecedor"
2, 2-1, ...	Porta-Cavidades / Cavity Frame
3, 3-1, ...	Porta-Machos / Core Frame
4, 4-1, ...	Placa Intermédia da Estrutura / Structure Middle Plate
5 a 10, 10-1, ...	Calço / Spacer Plate
11 a 13, 13-1, ...	Placa de Extração / Ejector Plate
14 a 16, 16-1, ...	Placa de Extração (sup. dos extrat) / Ejector Plate (Ejector Support)
17, 17-1, ...	Placa de Encosto Lado Extração / Ejection Side Back Plate
17-EF, 17-1-EF, ...	Placa de Encosto Lado Extração / Ejection Side Back Plate -"Placa a ser enviada para o fornecedor"
18, 18-1, ...	Placa de Aloj. Do Sistema de Injeção / Injection System Plate
18-EF, 18-1-EF, ...	Placa de Aloj. Do Sistema de Injeção / Injection System Plate -"Placa a ser enviada para o fornecedor"
19 a 22, 22A, ...	Apoio / Supports
23 a 25, 25A, ...	Guia Principal / Main Guiding
26 a 28, 28A, ...	Casquilho da Guia Principal / Main Guiding Bushing
29 a 32	Guia Prismática / Prismatic Guiding
33 a 36, 36A, ...	Corrediça da Guia Prismática / Prismatic Guiding Rail
37 a 40, 40A, ...	Anilha de Centragem / Center Ring
41 a 44, 44A, ...	Pés do Molde / Mold Feet
45 a 46, 46A, ...	Travamento da Cavidade / Cavity Blocking (interlocks)
47 a 48, 48A, ...	Travamento do Macho / Core Blocking (interlocks)
49 a 62, 62A, ...	Placa de Ajustamento do Molde / Mold Fitting Plate
63 a 69, 69A, ...	Casquilho / Bushing
70 a 84, 84A, ...	Placa de Isolamento / Insulating Plate
85 a 89, 89A, ...	Placa de Pressão / Pressure Plate
90	Rolamento / Roller Bearing
91 a 94, 94A, ...	Suporte do Rolamento / Roller Bearing Support
95 a 96, 96-1, ...	Acessórios para Aperto Rápido (Máq. Inj.) / Components for Quick Clamping (Inj. Mach.)
97, 98, 98A, ...	Pés de Fecho do Molde (pés de elefante) / Mold Closing Feet
2 - CAVIDADE / CAVITY	
100 a 120	Cavidade / Cavity
100A, 100B, ...	Postiço da Cavidade / Cavity Insert
100A1, 100B1, ...	Postiço do Postiço da Cavidade / Insert of the Cavity Insert
121 a 140, 140A, ...	Placas Diversas da Cavidade / Miscellaneous Cavity Plates
141 a 147, 147A, ...	Placa de Ajustamento da Cavidade / Cavity Fitting Plate

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

148 a 154, 154A, ...	Placa de Ajustamento do Postiço da Cavidade / Cavity Insert Fitting Plate
3 - MACHO / CORE	
200 a 217, 217-1, ...	Macho / Core
218 a 220, 220-1, ...	Chapéu (Core Cap) / Core Cap
200A, 200B, ...	Postiço do Macho / Core Insert
200A1, 200B1, ...	Postiço do Postiço do Macho / Insert of the Core Insert
218A, 218B, ...	Postiço do Chapéu (Core Cap) / Core Cap
218A1, 218B1, ...	Postiço do Postiço do Chapéu (Core Cap) / Insert of the Core Cap Insert
221 a 239, 239A, ...	Placas Diversas do Macho / Miscellaneous Core Plates
240 a 254, 254A, ...	Placa de Ajustamento do Macho / Core Fitting Plate
255 a 269, 269A, ...	Placa de Ajustamento do Postiço do Macho / Core Insert Fitting Plate
270 a 284, 284A, ...	Placa de Ajustamento do Chapéu (Core Cap) / Core Cap Fitting Plate
4 - MOVIMENTOS MECÂNICOS / MECHANICAL SLIDES	
300 a 339	Movimento Mecânico / Mechanical Slide
300A, 300B, ...	Postiço do Movimento Mecânico / Mechanical Slide Insert
300A1, 300B1, ...	Post. do Post. do Mov. Mecânico / Insert of the Mechanical Slide Insert
340 a 359, 359A, ...	Guia Inclinada / Angle Pin
360 a 364, 364A, ...	Cunha do Movimento Mecânico / Wedge of the Mechanical Slide
365 a 384, 384A, ...	Placa de Ajustamento Mov. Mec. / Fitting Plate of Mechanical Slide
385 a 404, 404A, ...	Placa de Deslize Mov. Mec. / Guiding Plate of Mechanical Slide
405 a 424, 424A, ...	Corrediça do Mov. Mec. / Sliding of Mechanical Slide
425 a 439, 439A, ...	Casquilho da Guia Inclinada / Bushing of Angle Pin
440 a 454, 454A, ...	Placa da Guia Inclinada / Plate of Angle Pin
455 a 459, 459A, ...	Batente do Mov. Mecânico / Stop Pad of Mechanical Slide
460 a 469, 469A, ...	Retentor do Mov. Mec. / Retention of Mechanical Slide
470 a 479, 479A, ...	Perno do Retentor Mov. Mec. / Retention Pin of Mechanical Slide
480 a 489, 489A, ...	Placa do Mov. Mec. / Plate of Mechanical Slide
490 a 494, 494A, ...	Casquilho do Mov. Mec. / Bushing of Mechanical Slide
495 a 498, 498A, ...	Perno Segurança Avanço Extração / Safety Pin for Ejection Advance
5 - MOV. EXTRAÇÃO / LEVANTADORES - EJECTION SLIDE / LIFTERS	
500 a 539, 539-1, ...	Movimento à Extração / Ejection Slide
500A, 500B, ...	Postiço do Movimento à Extração / Ejection Slide Insert
500A1, 500B1, ...	Post. do Post. do Mov. Extração / Insert of Ejection Slide Insert
540 a 569, 569-1, ...	Levantador / Lifter
540A, 540B, ...	Postiço do Levantador / Lifter Insert
540A1, 540B1, ...	Post. do Post. do Levantador / Insert of Lifter Insert
570 a 579, 579A, ...	Placa de Deslize Mov. Extr / Guiding Plate of Ejection Slide
580 a 594, 594A, ...	Corrediça do Mov. Extr. / Sliding of Ejection Slide

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

595 a 614, 614A, ...	Carrinho / Ejection Slide Rail Unit
615 a 639, 639A, ...	Veio do Movimento à Extração / Rod of Ejection Slide
640 a 649, 649A, ...	Veio de Reforço do Mov. Extração / Reinforcement Rod of Ejection Slide
650 a 664, 664A, ...	Veio do Levantador / Rod of Lifter
665 a 669, 669A, ...	Casquilho do Mov. Extr. / Bushing of Ejection Slide
670 a 674, 674A, ...	Casquilho do Levantador / Bushing of Lifter
675 a 684, 684A, ...	Placa do Mov. Extr. / Levantador / Plate of Ejection Slide / Lifter
685 a 694, 694A, ...	Chaveta do Mov. Ext. / Levantador / Keyway of Ejection Slide / Lifter
695 a 697, 697A, ...	Espaçador Casquilho Mov. Extr. / Lev. / Spacer Bushing of Ejection Slide / Lifter
698, 698A, ...	Copo Refrigeração do Mov. Extr. / Lev. / Cup Cooling of Ejection Slide / Lifter
3000 a 3009, 3009A, ...	Perno Sextavado Refrig. do Mov. Extr. / Lev. / Hexagon Pin Cooling of Ejection Slide / Lifter
3010 a 3029, 3029A, ...	Placa de Ajustamento do Mov. Extr. / Levantador / Fitting Plate of Ejection Slide / Lifter
3030 a 3049, 3049A, ...	Placa do Veio de Reforço do Mov. Extração / Plate of Reinforcement Rod of Ejection Slide
3050 a 3059, 3059A, ...	Acessório Aperto do Veio Mov. Extr. / Lev. / Accessory Screw of Rod of Ejection Slide / Lifter
3060 a 3089, 3089A, ...	Acessório "tipo DR" do Mov. Extração / Accessory "DR type" of Ejection Slide
3090 a 3095, 3095A, ...	Limitador de Curso do Mov. Extr. / Levantador / Stroke Limiter of Ejection Slide / Lifter
3096 a 3099, 3099A, ...	Adaptador Limitador de Curso Mov. Extr./Lev. / Adapter Stroke Limiter of Ejection Slide/Lifter
6 - MOVIMENTOS HIDRÁULICOS / HYDRAULIC SLIDES	
700 a 724	Movimento Hidráulico / Hydraulic Slide
700A, 700B, ...	Postiço do Movimento Hidráulico / Hydraulic Slide Insert
700A1, 700B1, ...	Post. do Post. do Mov. Hidráulico / Insert of Hydraulic Slide Insert
725 a 734, 734A, ...	Corrediça do Mov. Hidr. / Sliding of Hydraulic Slide
735 a 744, 744A, ...	Placa de Deslize Mov. Hidr. / Guiding Plate of Hydraulic Slide
745 a 754, 754A, ...	Placa de Ajustamento Mov. Hidr. / Fitting Plate of Hydraulic Slide
755 a 759, 759A, ...	Cunha do Mov. Hidr. / Wedge of Hydraulic Slide
760 a 764, 764A, ...	Casquilho do Mov. Hidr / Bushing of Hydraulic Slide
765 a 774, 774A, ...	Extensão Cilindro Mov. Hidráulico / Cylinder Extension of Hydraulic Slide
775 a 784, 784A, ...	Cilindro do Mov. Hidráulico / Cylinder of Hydraulic Slide
785 a 790, 790A, ...	Placa do Mov. Hidr. / Plate of Hydraulic Slide
791 a 794, 794A, ...	Batente do Mov. Hidráulico / Stop Pad of Hydraulic Slide
795 a 796, 796A, ...	Perno Segurança Avanço Extração / Safety Pin for Ejection Advance
797 a 798, 798A, ...	Guia do Mov. Hidráulico / Guiding of Hydraulic Slide
7 - MOVIMENTOS PNEUMÁTICOS / PNEUMATIC SLIDES (inclui Mov. Molas a gás)	
800 a 824	Movimento Pneumático / Pneumatic Slide
800A, 800B, ...	Postiço do Movimento Pneumático / Pneumatic Slide Insert
800A1, 800B1, ...	Post. do Post. do Mov. Pneum. / Insert of Pneumatic Slide Insert

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

825 a 834	Cilindro do Mov. Pneumático / Cylinder of Pneumatic Slide
835 a 844, 844A, ...	Corrediça do Mov. Pneum. / Sliding of Pneumatic Slide
845 a 854, 854A, ...	Placa de Deslize do Mov. Pneum. / Guiding Plate of Pneumatic Slide
855 a 864, 864A, ...	Placa Ajustamento do Mov. Pneum. / Fitting Plate of Pneumatic Slide
865 a 869, 869A, ...	Cunha do Mov. Pneum. / Wedge of Pneumatic Slide
870 a 874, 874A, ...	Casquilho do Mov. Pneum. / Bushing of Pneumatic Slide
875 a 884	Extensão Cilindro Mov. Pneumático / Cylinder Extension of Pneumatic Slide
885 a 890, 890A, ...	Placa do Mov. Pneum. / Plate of Pneumatic Slide
891 a 894, 894A, ...	Sistema Segurança Abertura do Mov. Pneum. / Safety System of Pneumatic Slide Opening
895 a 896, 896A, ...	Retentor do Mov. Pneumático / Retention of Pneumatic Slide
897, 897A, ...	Batente do Mov. Pneumático / Stop Pad of Pneumatic Slide
898, 898A, ...	Guia do Mov. Pneumático / Guiding of Pneumatic Slide
8 - INJEÇÃO / INJECTION SYSTEM	
900 a 902	Sistema de Injeção / Injection System
903 a 906	Carburador / Manifold
907 a 910	Perno do Carburador / Manifold Pin
911 a 915	Espaçador do Carburador / Manifold Spacer
916 a 920	Tampão do Carburador / Manifold Plug
921 a 930	Bico de Injeção / Injection Nozzle
931 a 940	Extensão do Bico de Injeção / Injection Nozzle Extension
941 a 950	Resistência Cartucho / Cartridge Heater
951 a 960	Resistência Abraçadeira / Band Heater
961 a 969	Placa de Isolamento do Carburador / Manifold Insulating Plate
970 a 974	Sonda do Carburador / Manifold Thermocouple
975 a 984	Placa do Carburador / Manifold Plate
985	Gito Frio / Cold Sprue
986 a 990, 990A, ...	Proteção Bico / Nozzle Protection
991 a 994, 994A, ...	Casquilho do Extrator do Canal / Runner Ejection Bushing
995 a 996, 996A, ...	Guia Placas do Sistema de Injeção / Injection System Guiding Plates
997 a 999, 999A, ...	Casquilho da Proteção do Bico / Bushing of Nozzle Protection
3100 a 3114	Desvio do Canal de Injeção / Sprue Adjuster
3115 a 3129	Postiço de Injeção Standard / Injection Insert Standard
3130 a 3149	Electroválvula / Electrovalve
3150 a 3169	Sensor para Detecção de Fugas de Plástico / Sensor to Detect Leaks of Plastic
3170 a 3199	Apoio do Sistema de Injeção / Support of Injection System
9 - ACESSÓRIOS DIVERSOS / VARIOUS ACCESSORIES	
1001 a 1200	Parafuso de Cabeça Cilíndrica / Socket Head Cap Screw
1201 a 1280	Parafuso de Cabeça Embutir / Socket Head Countersunk Screw
1281 a 1309	Perno Roscado / Thread Pin

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

1310 a 1319, 1319A, ...	Perno / Pin
1320 a 1330, 1330A, ...	Tubo / Tube
1331 a 1342	Veio / Rod
1343 a 1346	Sensor de Pressão / Pressure Sensor
1347 a 1350	Sensor de Temperatura / Temperature Sensor
1351 a 1355	Postiço Datador / Date Marked Pin
1356 a 1359	Postiço de Reciclagem / Recycling Marked Pin
1360 a 1362	Postiço de Identificação do Material / Marked Pin for Plastic Material ID
1363 a 1369, 1369A, ...	Posicionador / Locator
1370 a 1379	Extensão / Extension
1380 a 1389	Mola / Spring
1390 a 1399, 1399A, ...	Vedante / O'ring
1400 a 1405, 1405A, ...	Bujão / Threaded Plug
1406 a 1409, 1409A, ...	Fêmea / Nut
1410 a 1415, 1415A, ...	Anilha / Washer
1416 a 1420	Válvula de Ar / Air Valve
1421 a 1425, 1425A, ...	Perno com Mola / Pin with Spring
1426 a 1429, 1429A, ...	Anilha de Pressão / Spring Washer
1430 a 1439, 1439A,...	Freio / Retaining Ring
1440 a 1444	Cremalheira / Rack
1445 a 1449	Roda Dentada / Gear Wheel
1450 a 1479, 1479A, ...	Placa / Plate
1480 a 1489, 1489A, ...	Batente do Micro-Interruptor / Stop Pad of Microswitch
1490 a 1494, 1494A, ...	Placa para Micro-Interruptor / Plate for Microswitch
1495 a 1500, 1500A, ...	Cavilha Tubular / Locating Sleeve (Dowel)
1501 a 1520, 1520A, ...	Cavilha / Dowel Pin
1521 a 1524, 1524A, ...	Agulha de Gás / Gas Needle
1525 a 1549,1549A, ...	Espaçador / Spacer
1550 a 1554	Pernos de Vácuo / Vacuum Pin
1555 a 1559, 1559A,...	Ventosa / Vacuum System
1560 a 1564	Iman / Magnet
1565 a 1569	Manómetro / Manometer

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

1570 a 1574	Garfo / Fork Element
1575 a 1579	Plots de Rotação do Molde / Plots for Mold Rotation
1580 a 1584	Plots de Fixação Rápida / Quick Clamping Plots
1585	Rótula / Lattice
1586	Compensador / Equalizer
1587 a 1588, 1588A, ...	Racord para Ar / Air Connector
1589 a 1592	Chaveta para Cilindro / Cylinder Keyway
1593 a 1594, 1594A, ...	Agulha para Tecido / Needle for Cloth
1595	Comparador / Comparator Device
1596 a 1598	Sensor de Posicionamento (Inserto Metálico) / Positioning Sensor (Metallic Insert)
3200 a 3209, 3209A, ...	Cabo / Conector Sensor de Pressão / Cable / Connector Pressure Sensor
3210 a 3215, 3215A, ...	Mangueira para Cabo do Sensor de Pressão / Pipe for Pressure Sensor Cable
3216 a 3219, 3219A, ...	Acessórios para Sensores / Accessories for Sensors
3220 a 3229, 3229A, ...	"Grasser" para Lubrificação / "Grasser" for Lubrification
3230 a 3239, 3239A, ...	Acessórios para Sistema de Vácuo / Vacuum System Components
3240 a 3259, 3259A, ...	Acessórios Sistema "Latch Lock" / "Latch Lock" System Components
3260 a 3279, 3279A, ...	Acessórios Sistema Segurança 1ª Abertura / Safety System 1st Opening Components
3280 a 3285, 3285A, ...	Sistema de Fugas de Gases / Gases Venting System
3286 a 3287, 3287A, ...	Placa do Comparador / Plate of Comparator Device
3288 a 3289, 3289A, ...	Grampo para Casquilho / Clip for Bushing
3290 a 3293, 3293A, ...	Cavilha Elástica / Spring Type Straight Pin
3294 a 3296, 3296A, ...	Parafuso de Cabeça Boleada / Round Head Cap Screw
3297 a 3299, 3299A, ...	Parafuso de Cabeça Sextavada / Hex Head Cap Screw
10 - PERIFÉRICOS/SEGURANÇA - PERYPHERIC / SAFETY	
1600 a 1604, 1604A, ...	Barra de Segurança / Safety Bar
1605 a 1609, 1609A, ...	Barra de Transporte / Transport Bar
1610 a 1619	Limitador de Curso / Shoulder Bolt
1620 a 1629	Olhal / Eyebolt
1630 a 1649, 1649A, ...	Calha Protetora / Protection Cage
1650 a 1664, 1664A, ...	Elemento do Sistema de Segurança / Safety System Elements

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

1665 a 1679, 1679A, ...	Placa Proteção Tubos / Tubes Protection Plates
1680	Esquemas de Refrigeração / Cooling Schemes
1681	Esquemas de Hidráulica / Hydraulic Schemes
1682	Esquemas Elétricos / Electrical Schemes
1683	Esquemas de Cinemática / Cinematic Schemes
1684	Chapa de Identificação da Empresa / S. G. Company ID Plate
1685	Chapa de Identificação do Cliente / Customer ID Plate
1686 a 1686A, ...	Outras Chapas/Esquemas / Another Plates/Schemes
1687 a 1690, 1690A, ...	Perno da Barra de Segurança / Pin of Safety Bar
1691 a 1693, 1693A, ...	Placa Proteção em Nylon / Nylon Protection Plate
1694, 1695, 1695A, ...	Pega para Manuseamento / Handling Grip
1696 a 1698, 1698A, ...	Sistema de Içamento / Lifting System
3300 a 3309	Anilha da Barra de Transporte / Washer of Transport Bar
3310 a 3319	Cilindro Fecho do Molde (Barra de Segurança) / Mold Closing Cylinder (Safety Bar)
3320 a 3329	Placa Multiligações (Água, Óleo, Elétrico) / Multicoupling Plate (Cooling, Oil, Electric)
3330 a 3339	Caixa Metálica "TOOL DOC" / Metallic Box "TOOL DOC"
3340 a 3349	Passador para Barra de Segurança / Dowel for Safety Bar
3350 a 3359	Disco "Estado do Molde" / Disk "Mold Status"
3360 a 3369	Cabo de Aço / Steel Cable
3370 a 3379	Olhal para Transporte (no camião) / Eyebolt for Transport (on the Truck)
3380 a 3389	Tinta para Pintura do Molde / Ink for Mold Painting
3390 a 3394	Acessório para Olhais das Placas de Encosto / Acessory for Clamping Plates Eyebolts
3395 a 3397	Degrau / Escada Dobrável para Molde / Step / Folding Ladder for Mold
11 - REFRIGERAÇÃO / COOLING	
1700 a 1709, 1709A, ...	Distribuidor de Água / Water Manifold
1710 a 1719, 1719A, ...	Separador de Água / Water Baffle
1720 a 1734, 1734A, ...	Ligações de Refrigeração / Cooling Connections
1735 a 1739, 1739A, ...	Taco / Plug
1740 a 1754, 1754A, ...	Tubo Rígido de Refrigeração / Cooling Rigid Pipe
1755 a 1759, 1759A, ...	Tubo Flexível de Refrigeração / Cooling Flexible Pipe
1760 a 1769, 1769A, ...	Extensão de Refrigeração / Cooling Extension
1770 a 1774, 1774A, ...	Passador / Ball Valves

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

1775 a 1779, 1779A, ...	Abraçadeira Tubo de Refrigeração / Hose Clamp for Cooling Pipe
1780 a 1784, 1784A, ...	Caudalímetro/Medidor de Fluxo / Water Flow Regulator
1785 a 1789, 1789A, ...	Bujão com Palheta / Thread Plug with Baffle
1790 a 1794, 1794A, ...	Filtro / Filter
1795 a 1798, 1798A, ...	Anilha com Vedante (Dowty) / Washer with O'ring (Dowty)
3400 a 3429	Pino Térmico / Thermal Pin
3430 a 3449	Suporte para Distribuidor de Água / Support for Water Manifold
3450 a 3459	Manga Retrátil para Mangueira / Retractable Sleeve for Cooling Flexible Pipe
3460 a 3469	Taco Roscado para Distribuidor de Água / Thread Plug for Water Manifold
3470 a 3479	Termómetro / Thermometer
3480 a 3489	Placa de Proteção das Ligações da Refrigeração / Protection Plate of Cooling Connections
3490 a 3499	Disco de Cobre / Copper Disk
12 - EXTRAÇÃO / EJECTION	
1800 a 1805, 1805A, ...	Guia da Placa de Extração / Ejection Plate Guide
1806 a 1809, 1809A, ...	Casquilho Guia da Placa Extração / Bushing of Ejection Plate Guide
1810 a 1819, 1819A, ...	Perno de Retorno / Return Pin
1820 a 1824	Veio de Extração (KO) / Ejection Rod (KO)
1825 a 1834	Aro Extrator / Barra Extratora / Ejector Block
1835 a 1839	Perno Saca-Canal / Sprue Puller
1840 a 1844	Cilindro Hidráulico da Extração / Hydraulic Cylinder of Ejection
1845 a 1849	Extensão Cilindro da Extração / Extension of Ejection Cylinder
1850 a 1869, 1869A, ...	Extrator / Ejector
1870 a 1889, 1889A, ...	Extrator Tubular / Ejector Sleeve
1890 a 1899	Extrator Lâmina / Blade Ejector
1900 a 1904	Botão de Encosto / Stop Pin
1905 a 1939, 1939A, ...	Alonga / Extension
1940 a 1949	Pinça / Pincer
1950 a 1954	Placa Deslize dos Calços / Guiding Plate of Spacer Bar
1955 a 1959	Ponteira do Perno de Retorno / Tip of Return Pin
1960 a 1964	Batente do Perno de Retorno / Stop Pad of Return Pin
1965 a 1969	Placa do Batente do Perno de Retorno / Return Pin Stopper Plate
1970 a 1974	Acelerador do Extrator / Ejector Accelerator
1975 a 1984, 1984A, ...	Acessórios Sistema Dupla Extração / Double Ejection System Components

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

1985 a 1989	Placa da Guia da Placa de Extração / Plate of Ejection Plate Guide
1990 a 1992, 1992A, ...	Casquilho do Extrator Tubular / Bushing of Ejector Sleeve
1993 a 1994, 1994A,...	Placa do Casquilho da Placa de Extração / Plate of Ejection Plate Bushing
1995 a 1998, 1998A, ...	Ponteira da Alonga / Extension Tip
3500 a 3519	Perno Fixo do Extrator Tubular / Ejector Sleeve Fixed Pin
3520 a 3529	Placa de Proteção do Vão da Extração / Protection Plate of Ejection Open Area
3530 a 3539	Bloqueador da Placa de Extração / Automatic Ejector Set Lock
3540 a 3549	Placa Anti-Rotação Exten. Cil. Extr. / Plate Anti-Rotation Exten. of Eject. Cylinder
3550 a 3559	Suporte do Perno de Retorno com Mola / Support of Return Pin with Spring
13 - PARTE ELÉTRICA / ELECTRICAL CONNECTIONS	
2000 a 2009	Caixa Elétrica / Electric Box
2010 a 2019, 2019A, ...	Base para Ficha Elétrica / Base for Electric Socket
2020 a 2029, 2029A, ...	Ficha Elétrica / Electric Socket
2030 a 2039	Micro-Interruptor / Microswitch
2040 a 2044	Contador de Ciclos / Cycle Counter
2045 a 2089	Placa Proteção Fios / Wire Protection Plate
2090 a 2094, 2094A, ...	Bucim / Cable Gland
2095 a 2098, 2098A, ...	Kit SISE / Kit SISE
3600 a 3609	Contacto para Ficha Elétrica / Contact Pin for Electric Socket
3610 a 3619	Suporte para Base da Ficha Elétrica / Support Base for Electric Socket
3620 a 3629	Proteção da Ficha Elétrica / Protection for Electric Socket
3630 a 3639	Led / Led
3640 a 3649	Pen USB / Pen USB
3650 a 3659	Cabo para Micro-Interruptor / Cable for Microswitch
3660 a 3665	Sensor Indutivo / Inductive Sensor
3666 a 3669	Suporte para Sensor Indutivo / Support for Inductive Sensor
3670 a 3679	Cabo para Sensor Indutivo / Cable for Inductive Sensor
3680 a 3689	Relé / Acessórios para Relé / Relay / Relay Components
3690 a 3691	Batente para Contador de Ciclos / Stop Pad of Cycle Counter
3692 a 3694, 3694A, ...	Amplificador de Sinal do Sensor / Sensor Signal Amplifier
3695 a 3697, 3697A, ...	Módulo Lógico de Monitorização Micros / Micros Monitoring Logic Module
3698 a 3699, 3699A, ...	Detetores Magnéticos / Magnetic Detectors
14 - PARTE HIDRÁULICA / HYDRAULIC CONNECTIONS	
2100 a 2109	Conetor Hidráulico / Hydraulic Connector

**Otimização do Processo Produtivo de Placas Estruturais Utilizadas em Moldes Metálicos
para a Injeção de Plástico - Simoldes TOOL DIVISION**

2110 a 2114	Divisor de Fluxo / Flow Divider
2115 a 2129	Distribuidor de Óleo / Oil Manifold
2130 a 2134	Válvula Anti-Retorno / Anti-Return Valve
2135 a 2149	Tubo Hidráulico Rígido / Hydraulic Rigid Pipe
2150 a 2159	Tubo Hidráulico Flexível / Hydraulic Flexible pipe
2160 a 2179, 2179A, ...	Ligações Hidráulicas / Hydraulic Connections
2180 a 2194, 2194A, ...	Abraçadeira para Tubo de Óleo / Hose Clamp for Oil Pipe
2195 a 2198, 2198A, ...	Placa de Proteção das Ligações Hidráulicas / Protection Plate of Hydraulic Connections
15 - PARTE "GÁS" / "GAS" CONECTIONS	
2200 a 2209	Mola a Gás / Gas Spring
2210 a 2214	Unidade de Controlo das Molas a Gás / Unit of Control for Gas Springs
2215 a 2229, 2229A, ...	Ligações do Gás / Gas connections
2230 a 2249	Tubo do Gás Flexível / Gas Flexible Pipe
2250 a 2259	Tubo do Gás Rígido / Gas Rigid Pipe
2260 a 2279	Placa para Mola a Gás / Plate for Gas Spring
2280 a 2289	Batente da Mola a Gás / Stop Pad for Gas Spring
2290 a 2294, 2294A, ...	Distribuidor do Gás / Gas Manifold
2295 a 2298, 2298A, ...	Placa de Proteção das Ligações de Gás / Protection Plate of Gas Connections
3700 a 3710	Abraçadeira para Tubo do Gás / Hose Clamp for Gas Pipe